# Exposure Guidelines for Residential Indoor Air Quality

A Report of the Federal-Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health

Health and Welfare Canada
Santé et Bien-être social Canada

Canada

90-06861/

# Exposure Guidelines for Residential Indoor Air Quality

## A Report of the Federal-Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health

Environmental Health Directorate
Health Protection Branch

April 1987
(Revised July 1989)

Également disponible en français sous le titre:
«Directives d'exposition concernant la qualité de l'air des résidences»

Copies of this publication may be obtained from:
Communications Branch
Department of National Health and Welfare
19th Floor
Jeanne Mance Building
Ottawa, Ontario
K1A 0K9

©Minister of Supply and Services Canada
Cat. H49-58/1990E
ISBN 0-662-17882-3

EHD-TR-156

**Acknowledgements**

The members of the Federal-Provincial Working Group on Indoor Air Quality and Subcommittee on Radiation Surveillance wish to acknowledge the assistance of the following organizations, government agencies and individuals in preparing these guidelines.

The work of the following staff of the Environmental Health Directorate, Department of National Health and Welfare who, as members of the technical secretariat to the Working Group, were responsible for developing the scientific criteria in support of the guidelines and recommendations, is especially appreciated: Ms. T. Arbuckle, Mr. A. Atkinson, Dr. J.A. Buccini, Mr. N. Collishaw, Dr. R.S. Eaton, Mr. G. Garneys, Dr. J.W.S. Jamieson, Ms. M.E. Meek, Mr. R.G. McGregor, Mrs. J. Sitwell, Dr. R. Tobin and Mrs. G. Wood. Evaluation of some of the toxicological and epidemiological data was carried out by Dr. A. Gilman, Mr. J. Harrison, Mr. K. Mancuso, Dr. R. Morris, Mr. R. Paolini, Mr. M. Raizenne, Dr. J. Ruddick and Dr. G.S. Wiberg.*

Some of the literature retrieval and evaluation and the preparation of preliminary drafts of the supporting documentation was conducted through contracts with the following consultants: B.C. Research, Concord Scientific Corporation and T.D.S. Limited; these guidelines and the supporting documentation were edited by Dr. J.M. Park of Michael Holliday and Associates.

Many federal and provincial agencies supplied valuable information, including unpublished data and literature references, as well as constructive criticism and helpful suggestions. Officials of some of these organizations participated at meetings of the Working Group. The assistance and advice of Mr. P. Russell (Canada Mortgage and Housing Corporation), Dr. M. Brownstein (Department of Consumer and Corporate Affairs), Dr. D. Walkinshaw (Division of Building Research, National Research Council of Canada) and Mr. C.E. Duncan (Ontario Ministry of the Environment) were especially appreciated.

*Deceased.

**Preface**

It is now recognized that non-industrial indoor environments can contribute significantly to human exposure to airborne pollutants. This is particularly true in countries such as Canada where long cold winters and hot summers result in considerable periods of time being spent in climate-controlled buildings. Also, within the past few years, incentives have been given to reduce the consumption of energy, particularly oil, in buildings by reducing the rate of air exchange, installing additional insulation and using alternative sources of energy. Such measures are likely to raise the concentrations of some contaminants in indoor air above those found in outdoor air and so have aroused the concerns of public health authorities, those concerned with building standards and home construction, and the general public. In April 1979, the World Health Organization convened a meeting of experts to discuss the health aspects of indoor air quality. This group recommended that health authorities draw up guidelines for indoor concentrations of air contaminants to protect the health of occupants of homes.

In June 1980, the Ontario Deputy Minister of Health requested that a federal-provincial study be undertaken to establish standards for air quality in new housing. A proposal to convene a Working Group on Indoor Air Quality was formally tabled at the October 1980 meeting of the Federal-Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health and subsequently agreed to by the Deputy Ministers of Health.

The Federal-Provincial Working Group on Indoor Air Quality was requested by the Advisory Committee to consider "a definition of acceptable air quality", the need for "objective and/or maximum acceptable concentrations for specified substances" and a "specification of ventilation rates, or recirculation criteria". The scope of the work was to be restricted to "domestic premises" and recommendations were to be developed to protect the general public assuming exposure for 24 hours per day (i.e., continuous).

The Working Group met for the first time in September 1981. During the subsequent four years, the scientific literature on 17 substances, or groups of substances, was collected and reviewed to arrive at the guidelines and recommendations made in this document. The Working Group on Indoor Air Quality did not develop the recommendation for radon. Because of the specialized knowledge required to review radioactive substances, radon was referred to the Federal-Provincial Subcommittee on Radiation Surveillance. A guideline for radon is also included in Section 4 of this report, for a total of 18 substances.

It is anticipated that these guidelines will provide a reference point against which the adequacy of residential indoor air quality and remedial measures can be judged.

## Table of Contents


| | | Page |
|---|---|---|
| **1.0** | **Introduction** | 1 |
| 1.1 | Background | 1 |
| 1.2 | Sources of Indoor Air Contaminants | 1 |
| 1.2.1 | Outdoor Sources | 1 |
| 1.2.2 | Indoor Sources | 1 |
| | (a) Combustion Processes | 1 |
| | (b) Building Products and Furnishings | 1 |
| | (c) Human Activity | 1 |
| **2.0** | **Purpose and Scope** | 3 |
| 2.1 | Objectives | 3 |
| 2.2 | Definitions of Indoor Air Quality | 3 |
| 2.3 | General "Indicators" of Indoor Air Quality | 4 |
| 2.3.1 | Carbon Dioxide | 4 |
| 2.3.2 | Water Vapour | 4 |
| **3.0** | **Derivation of Guidelines and Recommendations** | 5 |
| 3.1 | Data Base for Derivation of Exposure Guidelines | 5 |
| 3.1.1 | Epidemiological Studies | 5 |
| | (a) Estimation of Exposure | 5 |
| | (b) Role of Confounding Variables | 5 |
| | (c) Measurement of Outcome | 5 |
| 3.1.2 | Clinical Studies | 5 |
| 3.1.3 | Animal Studies | 6 |
| 3.2 | Approach Used in Deriving Exposure Guidelines | 6 |
| 3.2.1 | Non-carcinogenic Substances | 6 |
| 3.2.2 | Carcinogenic Substances | 7 |
| 3.3 | Monitoring Procedures | 7 |
| **4.0** | **Guidelines and Recommendations** | 8 |
| **Part A.** | **Substances with Exposure Guidelines – Non-carcinogenic Effects** | 8 |
| 4.A.1 | Aldehydes | 8 |
| 4.A.2 | Carbon Dioxide | 8 |
| 4.A.3 | Carbon Monoxide | 9 |
| 4.A.4 | Nitrogen Dioxide | 9 |
| 4.A.5 | Ozone (Oxidants) | 10 |
| 4.A.6 | Particulate Matter | 10 |
| 4.A.7 | Sulphur Dioxide | 11 |
| 4.A.8 | Water Vapour | 11 |
| **Part B.** | **Substances with Exposure Guidelines – Carcinogenic Effects** | 11 |
| 4.B.1 | Formaldehyde | 11 |
| 4.B.2 | Radon | 12 |
| **Part C.** | **Substances with Recommendations for Controlling Exposure** | 12 |
| 4.C.1 | Biological Agents | 13 |
| 4.C.2 | Consumer Products | 13 |
| 4.C.2.1 | Chlorinated Hydrocarbons | 13 |
| 4.C.2.2 | Pest Control Products | 13 |
| 4.C.2.3 | Product Aerosols | 14 |
| 4.C.3 | Fibrous Materials | 14 |
| 4.C.4 | Lead | 15 |
| 4.C.5 | Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) | 15 |
| 4.C.6 | Tobacco Smoke | 15 |
| **Glossary** | | 17 |
| **Appendix A:** | **Summary of Exposure Guidelines** | 19 |
| **Appendix B:** | **Summary of Exposure Control Recommendations** | 20 |
| **Appendix C:** | **Members of the Federal-Provincial Working Group on Indoor Air Quality** | 21 |
| **Appendix D:** | **Members of the Federal-Provincial Subcommittee on Radiation Surveillance** | 22 |

# 1.0 Introduction

## 1.1 Background

Criteria for acceptable air quality have existed for many years for the industrial workplace and outdoor environments. Only recently, however, has widespread attention been drawn to potential hazards posed by the presence of airborne contaminants in non-industrial indoor environments. Several factors have contributed to this awareness:

- a trend toward tighter building construction, as incentives are given to conserve fuels;
- the presence of an increasingly complex array of synthetic chemicals used in building and insulating products, furnishings, consumer products, and hobby and craft materials;
- the use of alternative heating systems which, if not properly installed or designed, can release combustion by-products;
- a recognition that prolonged exposure even to very low concentrations of chemical contaminants may result in delayed toxic effects;
- the realization that a very high proportion of the average individual's time is spent indoors.

## 1.2 Sources of Indoor Air Contaminants

The quality of indoor air is influenced both by the quality of outdoor air and by the emission characteristics of indoor sources.

### 1.2.1 Outdoor Sources

In almost all inhabited enclosed spaces, there is a continuous exchange of air with the outside. Therefore, all contaminants of outdoor air are likely to be present indoors. Important pollutants in this category include carbon monoxide, oxides of nitrogen, oxides of sulphur, particulate matter, ozone (and other photochemical oxidants) and lead.

These pollutants originate, to a large extent, from automobile and factory emissions and other combustion processes. Generally, in the absence of indoor sources of these contaminants, concentrations indoors will be close to or lower than those outdoors.

Radon-222 is a naturally occurring radioactive gas that decays to non-gaseous radioactive species which can be adsorbed onto suspended particulate matter and hence be deposited in the lung. Underlying soil and domestic well water are the most likely potential sources of radon in buildings.

### 1.2.2 Indoor Sources

Internally generated airborne pollutants fall into one of three categories:

- those formed in combustion processes for heating and cooking;
- those derived from construction materials and furnishings;
- those related to human activity or presence.

Concentrations of contaminants in the first and last categories tend to vary with time; those in the second are likely to be more constant, as long as air exchange rates remain constant.

(a) *Combustion Processes.* Furnaces and other combustion appliances can be sources of indoor pollutants, notably carbon monoxide, especially if they are not properly vented or routinely serviced. Since combustion in wood-burning stoves is much less complete than in oil and gas furnaces, pollutant emissions from them can be greater. Though by-products should be vented to the outside, leaks and improper operation of these appliances can cause emissions to the indoors. Contaminants associated with wood-burning stoves and fireplaces include carbon monoxide, oxides of nitrogen and sulphur, aldehydes and polycyclic aromatic hydrocarbons.

A major potential source of combustion by-products is gas-fired stoves. Emissions from the oven and pilot light are not always vented and can contribute to indoor levels of carbon monoxide, nitrogen oxides and formaldehyde.

Kerosene heaters are becoming increasingly popular for space heating. Since these systems are often unvented, the potential for high contaminant levels again exists. In particular, the improper use of kerosenes with high sulphur contents or of poorly designed units could result in emission of oxides of sulphur as well as some of the other combustion by-products previously mentioned.

(b) *Building Products and Furnishings.* Synthetic polymers used in furnishings and decorative materials can slowly degrade, releasing small quantities of the original constituents or reaction by-products. Draperies, rugs and fabrics, the great majority of which contain man-made fibres, are sources of a variety of organic, and potentially microbiological, contaminants.

Formaldehyde is released from wood laminates and particle board in which formaldehyde-containing resins have been used. Urea-formaldehyde foam insulation is a significant source of formaldehyde and possibly other gaseous products.

Fibrous materials such as asbestos and fibrous glass are present in some building materials and may be released to the indoor environment especially when such products are disturbed during building alterations.

(c) *Human Activity.* The variety of contaminants that result from human activity is extremely broad.

Tobacco smoking is a major source of indoor air pollution. While smokers subject themselves to *mainstream* smoke, bystanders can be involuntarily exposed to significant amounts of

respirable particles, carbon monoxide and oxides of nitrogen, as well as numerous harmful organic contaminants, in *sidestream* smoke. Over 50 components of cigarette smoke are known to cause adverse health effects, and 12 of these are known or suspected carcinogens.

Human metabolic activity itself influences air quality by reducing the concentration of oxygen and increasing the level of carbon dioxide. Respiration, perspiration and food preparation add water vapour as well as odour-producing substances to the indoor atmosphere. A large variety of biological agents may be present in the home, for example, microorganisms from occupants, pets and insects; microbial growths may also occur on moist surfaces or in stagnant water. Pollens, spores, cell debris and insects are present in dust originating both indoors and outdoors.

Air fresheners, furniture waxes, polishes, cleansers, paints, pesticidal formulations, fabric protectors, deodorants and other products frequently used in the home are sources of various inorganic and organic chemicals. Many substances found in the workplace may also occur in the home as a result of hobby or craft activities. Moreover, workers exposed to chemicals in the workplace may bring these contaminants into the home on their clothing. In some circumstances this may be a means by which significant amounts of potentially harmful substances are introduced into indoor air.

# 2.0 Purpose and Scope

## 2.1 Objectives

Generally, people can be at home for as much as 70% of their time and, for some segments of the population (the very young, the old and the infirm), this percentage can be much higher. In developing recommendations for the domestic environment, the Working Group considered it prudent to assume that certain segments of the population are at home on a continuous basis. Furthermore, some individuals may be at special risk from indoor air pollution. Such individuals comprise those whose physiological processes either are not fully developed or are deteriorating, or for whom pathological or physiological changes impair the ability to surmount the adverse effects of exposure to a pollutant. Therefore, a primary objective was:

> **to develop guidelines for the concentrations of selected contaminants of *residential indoor air*, taking into account such factors as the sensitivity of groups at special risk and the sources and mechanisms of action of contaminants.**

These guidelines may not provide complete protection for the hypersensitive portion of the population which requires extraordinary measures to achieve such protection.

The need to specify ventilation rates for domestic premises that reflect the indoor air quality guidelines was also considered but was deemed to be beyond the expertise of members of the Working Group. Moreover, a prescription for ventilation requirements is only one of several strategies that might be adopted for controlling the presence of airborne contaminants in the home. Other possibilities include specifications for building design and materials and consumer products. In many instances, measures to minimize exposure to chemical contaminants can be taken by the occupants. Public education is an important strategy for attaining an acceptable quality of indoor air, and the Working Group therefore established as its second objective:

> **to develop, where practicable, other guidelines or recommendations for measures that will preserve or improve air quality in domestic premises.**

## 2.2 Definitions of Indoor Air Quality

As a guiding principle, air within domestic premises should be sufficiently free from biological, physical and chemical contaminants to ensure that there is a negligible risk to the health and safety of the occupants.

Following an examination of the available information, 17 chemical substances or groups of substances, and one radioactive, were selected for detailed review because of their potential to cause adverse health effects and their possible presence indoors. Guidelines expressed in terms of concentration ranges were developed for nine of these. For the others it was not possible to express the guidelines in quantitative terms, either because the data base was inadequate or because human exposure limits were deemed inappropriate; where possible, however, recommendations are made in this document on measures that can be taken to control indoor exposure to contaminants.

The guidelines in this document therefore encompass two categories of contaminants:

- those for which recommendations are expressed in terms of ranges of concentrations;
- those for which recommendations are specified as practical measures that can be taken to reduce exposure.

Section 4, Part A of this document deals with those contaminants for which exposure limits could be derived exclusively on the basis of health considerations (see Section 3.2.1). These are specified for the following substances:

- aldehydes (total);
- carbon dioxide;
- carbon monoxide;
- nitrogen dioxide;
- ozone;
- particulate matter;
- sulphur dioxide;
- water vapour.

The potential for adverse effects from long-term exposures as well as from shorter-term higher-level exposures has been considered. Two kinds of exposure limits are therefore specified.

**The Acceptable Long-Term Exposure Range (ALTER) is that concentration range to which it is believed from existing information that a person may be exposed over a lifetime without undue risk to health.**

**The Acceptable Short-Term Exposure Range (ASTER) is that concentration range to which it is believed from existing information that a person may be exposed over the specified time period without undue risk to health.**

An important consideration in deriving acceptable exposure ranges is the possibility of interactive effects, since many contaminants are likely to be simultaneously present in the home environment. Where possible, due account was taken of the potential for synergistic and additive effects. However, in most cases there were insufficient or inadequate data to completely resolve this problem.

Section 4, Part B contains recommendations for long-term exposure to formaldehyde and radon, on the basis of carcinogenic or possible carcinogenic effects. For formaldehyde, the guideline was not established exclusively on the basis of health considerations; rather it was set as low as possible taking into account the cost and technical feasibility of attainment, as well as the associated health risks. The risk associated with exposure to radon in homes is still the subject of research. This report has taken a conservative position and has established a guideline for radon that recommends action above a level at which the risk to health is considered to be significant. This guideline also notes that, as any level of exposure to radon constitutes a risk, homeowners may wish to reduce levels as low as practicable (see Section 3.2.2).

Section 4, Part C of these guidelines deals with those contaminants for which the formulation of exposure ranges was deemed inappropriate or was not feasible. This group comprises:

- biological agents;
- chlorinated hydrocarbons;
- fibrous materials;
- lead;
- pest control products;
- polycyclic aromatic hydrocarbons;
- product aerosols;
- tobacco smoke.

Recommendations for procedures that would reduce or eliminate exposure in the home are provided for these substances.

In developing the recommendations for these 18 substances or groups, the available literature was critically reviewed. The criteria and rationale on which these guidelines are based are briefly outlined in this document. A more detailed description of the scientific criteria and reference material is available on request from the Environmental Health Directorate, Health and Welfare Canada.

It is recognized that the above lists do not fully represent the range of compounds found in the home environment. As new data become available, the need for developing exposure guidelines for additional contaminants or groups and revising the current guidelines should also be considered.

## 2.3 General "Indicators" of Indoor Air Quality

### 2.3.1 Carbon Dioxide

Increasingly, complaints made by occupants of some large buildings are being linked with poor indoor air quality. The occurrence of some of these complaints (headache, fatigue, unpleasant odours, stuffiness and undue warmth) has been associated with elevated concentrations of carbon dioxide. Whether a concentration range could be prescribed for carbon dioxide that would be indicative of acceptable air quality from the viewpoint of comfort or aesthetic considerations was therefore considered.

Carbon dioxide is produced by human respiration and can be reduced significantly only by ventilation of the building. The concentration of carbon dioxide in indoor air is therefore closely related to the ventilation rate. The degree of ventilation needed to maintain carbon dioxide at a low level within a building also helps to reduce the levels of other indoor pollutants and to improve overall indoor air quality. Carbon dioxide is useful as an indicator of general air quality only in buildings where there are significant metabolic or combustion sources of carbon dioxide. Otherwise, carbon dioxide levels will be low over a wide range of ventilation rates (for example, in large houses with only one or two occupants and no unvented combustion appliances).

The trend in recent years toward minimizing ventilation within houses in order to reduce energy consumption for heating and cooling can lead to increases in carbon dioxide levels within residences and to a general deterioration in indoor air quality.

In several studies, comfort factors have been correlated with carbon dioxide concentrations. Collectively, these studies suggest that carbon dioxide concentrations above 1800 mg/m$^3$ (1000 ppm) are indicative that there is an inadequate supply of fresh air, although complaints have been documented at concentrations as low as 1100 mg/m$^3$ (600 ppm). However, from a review of the direct physiological effects of exposure to carbon dioxide, as opposed to subjective symptoms, a higher maximum exposure concentration is recommended (see Section 4.A.2).

It must be noted that these studies were conducted in buildings with mechanical ventilation systems and with occupancy rates quite different from those of residences. Moreover, the effects observed are probably not attributable to the presence of elevated concentrations of carbon dioxide, but rather to undesirable concentrations of other substances that result from inadequate ventilation, and for which carbon dioxide provides a suitable surrogate parameter. **Therefore, caution must be used in interpreting carbon dioxide concentrations as a general indication of residential indoor air quality.**

### 2.3.2 Water Vapour

Relative humidity has also been considered as an indicator of indoor air quality. Air-to-air heat exchangers, which are designed to bring in outside air and to turn on and off at preset relative humidity levels, have been developed. The control of indoor air pollutants other than excessive water vapour by heat exchangers operating in this way may not be satisfactory for the following reasons:

- in a large house with a low occupancy, relative humidity may not rise sufficiently to trigger air exchange, although other pollutants may be present at unacceptable concentrations;
- changes in occupancy throughout the day affect the rate at which water vapour is generated, whereas other pollutants may be emitted continuously;
- the variation in indoor relative humidity with geographical area and season necessitates different control settings for each location and season.

Therefore, relative humidity is not suitable as a general indicator of residential indoor air quality.

# 3.0 Derivation of Guidelines and Recommendations

## 3.1 Data Base for Derivation of Exposure Guidelines

Since research into the health effects of residential indoor air quality is at an early stage, there is a dearth of reliable information on the health effects that result from exposure to the low levels and mixtures of contaminants likely to be found. In most cases, therefore, the Working Group relied upon the results of laboratory experiments using animals, clinical studies with human volunteers, and epidemiological investigations of urban air pollution and the occupational environment. The results of epidemiological and clinical studies are the most relevant for establishing acceptable levels of exposure of humans to air pollutants. Nevertheless, the application of each of these types of study involves a number of assumptions and hence uncertainty in the derived dose-response relationships.

### 3.1.1 Epidemiological Studies

Most of the relevant epidemiological studies of populations are observational (non-experimental) in nature; that is, the allocation of individuals into study groups on the basis of exposure is not under the control of the investigator. Such observational studies can be further classified as descriptive (cross-sectional) or analytical (cohort or case-control) studies. In cohort studies, exposure and outcome are monitored over time; as a result, the quality of evidence obtained from such longitudinal investigations is generally considered to be superior to that from cross-sectional studies, in which populations are monitored at one time. However, the results of all observational studies must be evaluated against the following features of study design:

(a) *Estimation of Exposure*. In most observational studies conducted to date, pollution data are usually obtained from one or several outdoor monitoring stations; however, the exposure burden can vary greatly among individuals living in the same neighbourhood because of local climatic conditions and special features of the indoor environment. For example, for pollutants generated mainly in the outdoor environment (oxidants, sulphur dioxide), indoor concentrations will normally be less than those outdoors; however, indoor levels (from indoor sources) may have greater temporal peaks with concomitant effects on health. Exposures to some pollutants (nitrogen dioxide, carbon monoxide) are not well represented by ambient air measurements if there are significant indoor sources of these pollutants. Only in very recent studies have investigators attempted to take such factors into account in estimating exposure.

(b) *Role of Confounding Variables*. In observational studies of populations exposed to air pollutants, a host of confounding variables (e.g., socioeconomic status, smoking, occupational exposure, meteorological factors), many of which have greater effects than air pollution, must be considered.

(c) *Measurement of Outcome*. There is substantial variation in the method of measurement of many health-state indicators in the studies conducted to date; such indicators include lung function, hospital admissions and frequency of symptoms. In many of the studies, outcome is ascertained by questionnaire, and responses may be biased by the way and conditions under which the questions are asked.

Even in those studies where the design is acceptable, interpretation of the results is complicated. For example, it is often difficult to attribute effects observed in populations exposed to air pollution to a single contaminant. It is possible that the contaminant investigated may serve as an indicator, or surrogate, for the effects of another contaminant or a combination of contaminants. Also, since exposures are not subject to the manipulation of the investigator, it is difficult to determine whether mean or peak concentrations, variability or some other aspect of air pollution is the most important determinant of health effects.

In summary, those epidemiological studies considered most relevant for developing the guidelines have the following features:

- longitudinal study design;
- adequate control of appropriate confounding factors;
- some attempt to take individual variations in exposure into account (e.g., area of residence, gas stove use).

Epidemiological investigations of the effects in the general population are considered to be the most relevant. Studies of persons exposed to airborne pollutants in the workplace may not reflect potential problems of the general population, since the young, the elderly and other high-risk groups are not accounted for. Moreover, exposure periods and the mixture of pollutants will be different from those in the home.

### 3.1.2 Clinical Studies

Clinical studies are generally, though not always, conducted in controlled laboratory environments. These studies probably provide the most reliable data from which to derive exposure-response relationships that form the basis for air quality standards. However, clinical studies are restricted for ethical reasons to the examination of mild, temporary effects of short-term exposures in a limited number of subjects. As such, they are most suitable for developing short-term exposure limits.

A good clinical study should control for extraneous variables and experimental bias. In order to satisfy this need, most clinical studies employ a control group. Comparison with this group provides an indication of the effects that the experimental conditions exert on exposed individuals. The inclusion of such a

group is very important if the effect of the experimental intervention is to be isolated.

In order to further reduce experimental bias in clinical studies, the allocation of subjects into experimental and control groups should be a random process. That is, all subjects should have an equal chance to be assigned to either the experimental group or the control group. Through this process the study will have a good chance of obtaining comparable groups, such that the measured and unknown characteristics of the subjects at the time of group allocation will be, on the average, evenly balanced between groups. Also, since most statistical procedures are based on normal distributions, the randomization procedure is necessary in order to meet the assumptions of the statistical design.

In order to reduce experimental bias to a minimum, some studies employ designs in which the subjects, and sometimes the investigators, are not aware of the particular intervention to which a subject has been assigned. The advantage of these "blind" designs is that they reduce the possibility that the subjects or investigators will favour certain outcomes based on group status.

Only through the employment of blind designs can the investigator be reasonably assured that extraneous variables and experimental bias have been controlled as much as possible. However, it is sometimes impossible to employ such a design for practical reasons. If, for example, the investigators are testing the pulmonary effects of ozone, and the subjects and investigators can detect the treatment condition by the smell of ozone, it is clearly not practical to attempt a blind study. This is a limitation of many clinical studies of airborne pollutants.

### 3.1.3 Animal Studies

Although numerous studies of the effect of airborne pollutants in animal species have been conducted, levels of exposure have, in general, been much higher than those in ambient air. In addition, extrapolation of the results to ambient levels is complicated by the distinct anatomical differences between the respiratory tracts of animals and man. Also, studies are frequently confined to unusually high concentrations of no more than one or two pollutants, rather than to the low concentrations and mixtures of substances generally found in the home. However, the results of such studies are useful in the identification of target organs and systems, in the clarification of mechanisms of toxicity and in the assessment of carcinogenicity.

The reliability of carcinogenesis bioassays in animal species is evaluated on the basis of several features of the design and the results of the study. These features include the size of the experiment (i.e., the numbers of exposed and control animals); the influence of environmental factors (e.g., diet); the route and method of exposure; the doses administered; the species, strain and sex of the animals; the types, site, incidence and time for the development of tumours; and the nature of the exposure-response relationship. Information concerning the kinetics, metabolism and mechanism of action and the results of epidemiological studies in human populations are also considered when the relevance of the results of carcinogenesis bioassays for man is assessed.

## 3.2 Approach Used in Deriving Exposure Guidelines

In order to establish accurate, defensible exposure guidelines it is essential to determine the quantitative relation between a given pollutant and its effects. The terms "exposure-response" and "exposure-effect" denote this quantitative relationship. Owing to ethical considerations, such quantitative relationships are difficult to determine with precision in human populations. Nevertheless, clinical and epidemiological studies combined with laboratory animal studies can provide a substantial amount of quantitative information concerning the effects of exposure to a given pollutant.

### 3.2.1 Non-carcinogenic Substances

Regulatory agencies have traditionally attempted to determine a level of exposure below which there are no apparent detrimental effects. This so-called "threshold level" is closely related to the lowest level at which minimal, or reversible, effects can be observed the "lowest-observable-adverse-effect level" (LOAEL). A safety factor may be incorporated into the derivation of a regulatory standard or guideline depending upon the number and quality of studies upon which the LOAEL is based. This approach has been used to establish guidelines for a number of indoor air pollutants considered in this document.

The size of the safety factor depends to a large degree on whether human rather than animal data are available, whether studies have been conducted directly on those segments of the population believed to be at high risk and the quality of the studies themselves. Ultimately the choice is based on a consensus decision by experts, but strictly has no scientifically defensible basis.

Owing to uncertainty concerning data obtained in observational studies, the World Health Organization has used a safety factor of two in recommending guidelines for daily and annual exposure to air pollutants; this value has been adopted in deriving some of the guidelines specified in this document.

In instances where there are sufficient data from reliable clinical studies of transient changes in groups at risk (for example, changes in pulmonary function in exercising asthmatics), no safety factor is incorporated in the derivation of a short-term exposure guideline.

Because of the wide variation in individual susceptibility to irritants, notably aldehydes, short-term exposure guidelines have been derived by applying a factor of five to the lowest value reported to cause a significant increase in symptoms of irritation.

It has been suggested that occupational hygiene limits could be adapted for the residential indoor environment by applying a safety factor to accommodate differences such as exposure times, pollutant mixtures and population sensitivities. Without a thorough knowledge of the scientific basis for the occupational limits, however, the Working Group considered such an approach to be scientifically indefensible.

### 3.2.2 Carcinogenic Substances

There is evidence that for most carcinogenic substances threshold levels may not exist. It follows in such cases that there is no level of exposure at which a hazard does not exist, although at very low concentrations the health risks may be so small as to be undetectable. For most carcinogens, the derivation of acceptable exposure limits using experimentally derived LOAELs and safety factors is considered inappropriate.

Ideally, exposure to known or suspected carcinogens should be avoided. However, it is not possible to eliminate certain carcinogens from the environment. The maximum concentrations listed in this document for formaldehyde, a possible human carcinogen, and radon, a documented human carcinogen, are the lowest levels that are practical to achieve and at which there appears to be no undue public health risk.

To ascertain the level of risk or probability of adverse response at the low concentrations likely to be encountered in the environment, several statistical procedures have been developed to predict the shape of the dose-response curve at doses below those administered in experimental studies. The shape of the extrapolated dose-response curve can influence considerably the value of the exposure concentrations at which there appears to be a negligible human health risk, with estimates sometimes ranging over several orders of magnitude, depending on the mathematical model employed.

The long-term exposure guideline estimated for formaldehyde was based on mathematical extrapolation of tumour incidence in an animal bioassay, taking into account as much as possible information concerning the mechanisms of action. Nevertheless, it must be recognized that the calculated risk at low levels of exposure is probably overestimated owing to the conservative assumptions upon which the mathematical model is based.

Estimated cancer risks associated with exposure to low levels of radon were based on extrapolation of data on cancer mortality observed in workers exposed occupationally to much higher airborne concentrations. It should be recognized, however, that there are several sources of uncertainty in such estimates, which can serve only as very rough approximations.

## 3.3 Monitoring Procedures

Methods for monitoring indoor air quality have not yet been standardized. Many studies have been carried out with a combination of older methods and instruments (used also for ambient air monitoring) together with those that have only recently been developed. There is now a trend toward developing smaller portable instruments that can serve both as personal monitors and as stationary (area) monitors. Passive and active personal monitors that measure particulate matter (filters) and gases (absorbers and adsorbers) have been developed. The small size and quiet operation of this newer equipment render it suitable for use in indoor environments. Such monitors also offer the possibility of determining pollutant levels near the breathing zone of individuals, so that direct estimates of personal exposure may be made.

Monitoring to ascertain compliance with the short-term exposure guidelines should be conducted when "worst case" situations are anticipated, and procedures should be designed to provide an accurate assessment of occupants' actual exposure. It is recommended that samples be taken when and where maximum concentrations are expected and that the averaging times specified along with the ASTER be used.

In the case of the long-term exposure it is more difficult to specify appropriate monitoring procedures. Sampling should be conducted over periods long enough to encompass any diurnal, seasonal or other temporal fluctuations. The magnitude and frequency of these fluctuations may vary considerably from contaminant to contaminant and be a function of dwelling type, location and the activity of the occupants. In many cases annual averages have served as a basis for formulating long-term air quality standards. Frequently, annual averages are based on random sampling of 24-hour average readings. Monthly or weekly averages are typically determined through daily averages, although passive monitors now available may have collection periods of from 7 to 90 days.

It is recommended that a minimum sampling period of 24 hours be used and that samples be taken when concentrations are expected to be at their highest. Should concentrations be outside the specified long-term exposure range, additional samples should be taken to ascertain whether levels are likely to remain elevated, or whether fluctuations will result in the long-term (often annual) average concentrations falling within the guideline value.

If contaminant levels are found to be outside any of the recommended exposure ranges, the source of the problem should be identified. All possible corrective measures should be taken or advice sought from health authorities.

# 4.0 Guidelines and Recommendations

## Part A. Substances with Exposure Guidelines – Non-carcinogenic Effects

### 4.A.1 Aldehydes*

**In cases where more than one aldehyde is detected in indoor air, the sum $\frac{c_1}{C_1} + \frac{c_2}{C_2} + \frac{c_3}{C_3}$ should not exceed 1, where $c_1$, $c_2$ and $c_3$ are the concentrations of formaldehyde, acrolein and acetaldehyde, respectively, as measured over a five-minute period, and $C_1$, $C_2$ and $C_3$ are as follows:**

**$C_1$ (formaldehyde) – 120 µg/m³ (0.10 ppm);**
**$C_2$ (acrolein) – 50 µg/m³ (0.02 ppm);**
**$C_3$ (acetaldehyde) – 9000 µg/m³ (5.0 ppm).**

Aldehyde concentrations in indoor air generally exceed those outdoors. The primary sources include gas stoves, space heaters and tobacco smoke. Identities of all the aldehydes produced during incomplete combustion of organic fuels are not yet known, but measurements in indoor locations have shown that formaldehyde, acetaldehyde and acrolein are the major aldehydes present.

Concentrations of acrolein in indoor air range from 2 to 50 µg/m³ (0.001 to 0.02 ppm); limited data available indicate that levels of acetaldehyde average about 17 µg/m³ and range from 1 to 48 µg/m³.

The major effect on human health of airborne aldehydes is irritation of the eyes, nose and throat. In recently conducted clinical studies, significant increases in symptoms of irritation have been observed at levels of formaldehyde greater than 1200 µg/m³ (1 ppm) (exposure periods 1.5 to 30 minutes).

Data derived from observational studies of populations exposed to formaldehyde in the occupational environment or in public or residential buildings are less reliable owing to limitations of the investigations conducted to date. In the best-conducted studies, symptoms of irritation have not been associated with exposure to levels less than 600 µg/m³ (0.5 ppm).

There are few reliable data available concerning levels of the other aldehydes that induce symptoms. Acrolein is one of the most irritating of the aldehydes identified in indoor air, with most people reporting eye irritation at levels of less than 1 mg/m³. A significant increase in symptoms of eye irritation has been associated with exposure to levels as low as 210 µg/m³ (0.09 ppm); in the same study, however, eye irritation at a concentration of 800 µg/m³ was only slight. Severe irritation results from exposure to concentrations of 1900 µg/m³ (0.8 ppm). Chronic effects following exposure to acrolein have not been reported and there has been no evidence of carcinogenicity in long-term bioassays with laboratory animals.

Acetaldehyde is considerably less irritating than acrolein; symptoms of irritation have been associated only with exposure to levels greater than 46 mg/m³ (25 ppm). In a long-term bioassay in rats, significant increases in the incidence of nasal adenocarcinomas and squamous cell carcinomas were observed following inhalation of acetaldehyde; however, the administered dose levels (1400, 2700 and 5400 mg/m³; 750, 1500 and 3000 ppm) and mortality rates during the study were extremely high. Moreover, data given in the published report of the investigation were insufficient to permit meaningful quantitative risk estimation.

The recommended values for $C_1$, $C_2$ and $C_3$ are five to ten times less than the concentrations reported to induce significant increases in symptoms of irritation. Concentrations satisfying the relationship given above should be low enough to minimize additive irritant effects of the specified aldehydes in the general population.

### 4.A.2 Carbon Dioxide

**Based on health considerations, the acceptable long-term exposure range (ALTER) for carbon dioxide in residential indoor air is ≤ 6300 mg/m3 (≤ 3500 ppm).**

Carbon dioxide is a colourless, odourless and non-flammable gas, which is produced by metabolic processes and by the combustion of fossil fuels. The average concentration of carbon dioxide in the atmosphere is about 620 mg/m³ (≈340 ppm), but levels vary widely with time and location. Indoor levels tend to be higher than outdoor levels. Gas stoves and unvented kerosene heaters are major sources of carbon dioxide indoors, but, in poorly ventilated rooms, levels may exceed 5400 mg/m³ (3000 ppm) from human metabolism alone.

An increase in the ambient level of carbon dioxide brings about a rise in the acidity of the blood and an increase in the rate and depth of breathing. Over prolonged periods, of the order of days, regulation of blood carbon dioxide levels occurs by kidney action and the metabolism of bone calcium. The latter process leads to some demineralization of the bone. Exposure to levels of 27 000 mg/m³ (15 000 ppm) or more for several days has induced reversible changes in the lung membrane of guinea pigs. In humans, exposures to carbon dioxide levels of over 90 000 mg/m³ (50 000 ppm) have produced effects on the central nervous system, such as headache and dizziness and visual distortions; there is some evidence of cardiovascular effects at similar concentrations. Subjective symptoms such as fatigue, headaches and an increased

* Also see Section 4.B.1, "Formaldehyde".

perception of warmth and unpleasant odours have been associated with carbon dioxide levels of 900 to 5800 mg/m$^3$ (500 to 3200 ppm). In some of these studies the symptoms may have been caused by other substances, with the carbon dioxide acting as a surrogate measure of air quality (see Section 2.3.1).

The lowest concentration at which adverse health effects have been observed in humans is 12 600 mg/m$^3$ (7000 ppm), at which level increased blood acidity has been observed after several weeks of continuous exposure. A maximum exposure level of 6300 mg/m$^3$ (3500 ppm) should provide a sufficient margin to protect against undesirable changes in the acid-base balance and subsequent adaptive changes such as the release of calcium from the bones. This level should also provide an adequate safety margin for sensitive groups. At such a level, the effect of carbon dioxide as a ventilatory stimulant is likely to be small and so would not greatly increase the dose received of other pollutants present in the air.

Changes in the acid-base balance and release of calcium from bones occur in response to chronic carbon dioxide exposure rather than to brief excursions in concentration. Thus, a short-term exposure range is not required for this substance.

### 4.A.3 Carbon Monoxide

**The acceptable short-term exposure ranges (ASTER) for carbon monoxide in residential indoor air are:**

**≤ 11 ppm – eight-hour average concentration;**

**≤ 25 ppm – one-hour average concentration.**

Carbon monoxide is a colourless, odourless gas that is produced by the combustion of carbonaceous materials and also in human metabolism. It combines with haemoglobin to form carboxyhaemoglobin (COHb), which reduces the oxygen supply to body tissues. Endogenous levels of carboxyhaemoglobin are approximately 0.5% of the total haemoglobin (written, 0.5 COHb%).

Sources of carbon monoxide in indoor air include gas and oil appliances, tobacco smoke and the infiltration of carbon monoxide in polluted outdoor air. Outdoor levels of 0.05 to 0.9 mg/m$^3$ (0.04 to 0.8 ppm) have been measured in rural areas, and levels as high as 57 mg/m$^3$ (50 ppm) have been found in urban areas, although levels of 1.1 to 11 mg/m$^3$ (1 to 10 ppm) are more typical. Indoor levels generally follow outdoor levels except in houses with unvented or poorly vented combustion appliances or where there is tobacco smoking; carbon monoxide levels of approximately 115 mg/m$^3$ (100 ppm) have been found in the kitchens of some houses immediately after gas stoves were used for cooking.

Exposure to carbon monoxide levels leading to carboxyhaemoglobin concentrations of approximately 2.5% to 10% has been shown to cause adverse effects on the cardiovascular system, to decrease exercise capacity and to impair psychomotor performance. Elevated carboxyhaemoglobin levels in women who smoked during pregnancy have been associated with low birth weight and educational retardation of their children. Groups that may be at particular risk from the effects of carbon monoxide exposure include those with cardiovascular, cerebrovascular and peripheral vascular diseases, foetuses, the newborn, pregnant women and individuals living at high altitude.

Experimental results suggest that, in general, such sensitive individuals can tolerate increases in carboxyhaemoglobin levels of up to 1.5 COHb%: the guidelines are intended to ensure that increases due to ambient carbon monoxide remain below this limit. Since carboxyhaemoglobin levels depend on the concentrations of both carbon monoxide and oxygen, levels are expressed only as ratios (parts per million by volume) so that the guidelines will be independent of ambient pressure.

### 4.A.4 Nitrogen Dioxide

**The acceptable exposure ranges for nitrogen dioxide in residential indoor air are:**

**ALTER: ≤ 100 µg/m$^3$ (≤ 0.05 ppm);**

**ASTER: ≤ 480 µg/m$^3$ (≤ 0.25 ppm) – one-hour average concentration.**

Nitrogen dioxide ($NO_2$) is the only oxide of nitrogen that has been shown to be detrimental to human health at concentrations that may be encountered in indoor air.

The primary outdoor sources of nitrogen dioxide are vehicular and industrial emissions. In general, nitrogen dioxide concentrations in urban atmospheres are higher than those in rural atmospheres, reflecting the large contribution of nitrogen dioxide from technological sources. In North America, the background level of nitrogen dioxide in rural areas is less than 19 µg/m$^3$ (0.010 ppm). In urban centres, nitrogen dioxide levels are at least double this value. During the period 1977 to 1981, the average of nitrogen dioxide annual means for Canadian urban centres decreased from 60 to 44 µg/m$^3$ (0.031 to 0.023 ppm). The highest annual mean reported in Canada for nitrogen dioxide (80 µg/m$^3$; 0.042 ppm) occurred at a commercial site in 1981.

Gas stoves and unvented combustion appliances are major sources of nitrogen dioxide indoors. The indoor/outdoor ratio of nitrogen dioxide concentrations is generally less than unity in dwellings in which there are no major indoor sources, and greater than unity in dwellings with gas stoves or other combustion appliances. Families living in rural or low-pollution areas and who use gas for cooking are exposed to indoor nitrogen dioxide levels of roughly 30 µg/m$^3$ (0.015 ppm), although average concentrations of 100 µg/m$^3$ (0.050 ppm) have been recorded in some homes.

Interpretation of the results of available epidemiological studies on health effects associated with nitrogen dioxide exposure is rendered difficult by the lack of accurate exposure data and by confounding factors, such as exposure to other pollutants. Despite these limitations, the epidemiological studies have provided some useful data on exposure-effect relationships. In these studies an increased prevalence of respiratory illness was observed in adults and children chronically exposed to mean levels of near 200 µg/m$^3$ (0.10 ppm) nitrogen dioxide.

The results of clinical studies indicate that both normal and asthmatic subjects can experience detrimental respiratory effects when exposed for brief periods to concentrations of approximately 960 µg/m$^3$ (0.5 ppm). The short-term effects of nitrogen dioxide

exposure below 960 µg/m$^3$ (0.5 ppm) have been examined in only a few studies. A "no-adverse-effect level" cannot be clearly identified from the results of these studies; therefore a safety factor of two was applied to arrive at the recommended short-term exposure range.

### 4.A.5 Ozone (Oxidants)

**The acceptable short-term exposure range (ASTER) for ozone in residential indoor air is ≤ 240 µg/m$^3$ (≤ 0.12 ppm) – one-hour average concentration.**

Infiltration of outdoor air is the principal source of oxidants in indoor air. Ozone, nitrogen dioxide, hydrogen peroxide and peroxyacylnitrates are photochemical oxidants that may be present in indoor air. Nitrogen dioxide is examined in Section 4.A.4. Of the remaining oxidants, ozone is the most prevalent. Concentrations of ozone indoors are generally much lower than those outdoors, but may approach outdoor levels if windows are open. Indoor concentrations of ozone follow outdoor fluctuations with a time lag of one hour or less. The average annual outdoor concentration for urban centres in Canada was 30 µg/m$^3$ (0.015 ppm) in 1979. Indoor ozone concentrations are typically less than 40 µg/m$^3$ (0.02 ppm), although peak levels of 200 to 400 µg/m$^3$ (0.1 to 0.2 ppm) have been reported. Ozone can be generated in the home by arcing of electric motors and by improperly installed or maintained electrostatic air cleaners.

Ozone is an irritant that can cause coughs, chest discomfort and irritation of the nose, throat and trachea. Ozone consistently causes detrimental effects on the lung function of healthy subjects at concentrations at or above 600 µg/m$^3$ (0.30 ppm). Furthermore, ozone causes detrimental effects on the lung function of healthy subjects engaged in strenuous physical activity at concentrations lower than 600 µg/m$^3$ (0.30 ppm), possibly as low as 240 µg/m$^3$ (0.12 ppm). Results of epidemiological studies conducted to date support this finding. The available epidemiological data are, however, insufficient to serve as a basis for establishing an acceptable long-term exposure range.

Individuals exposed to concentrations of ozone between 200 and 800 µg/m$^3$ (0.10 and 0.40 ppm) have exhibited an adaptive response, at least in terms of lung function. At present, it is not known if this adaptation is beneficial or detrimental in the long term. Available data are insufficient to serve as a basis for establishing an acceptable long-term exposure range for ozone.

### 4.A.6 Particulate Matter

**The acceptable exposure ranges for fine particulate matter (≤ 2.5 µm mass median aerodynamic diameter – MMAD) in residential indoor air are:**

**ALTER: ≤ 40 µg/m$^3$;**

**ASTER: ≤ 100 µg/m$^3$ – one-hour average concentration.**

Airborne particulate matter is a mixture of physically and chemically diverse substances, present in air as suspensions of solids or liquid droplets, varying in size from about 0.005 to 100 µm. The size range of concern when human health effects and indoor air quality are considered is from 0.1 to 10 µm in aerodynamic diameter, particles smaller than this generally being exhaled. Above 15 µm, most particles are too large to be inhaled. Virtually all particles between 10 and 15 µm are deposited in the nasopharyngeal region of the respiratory tract; health effects are associated primarily with the deposition of particles in the thoracic (tracheobronchial and pulmonary) regions. Particles have been further divided into a coarse fraction, normally around 2.5 µm and above, and a fine fraction under this size. It is this latter fraction that can reach the lung alveoli.

Indoor particles come from both indoor and outdoor sources, but the indoor matter differs in both size and chemical composition from that originating outdoors. Indoors, particles occur primarily in the fine fraction, because indoor sources such as combustion appliances and cigarettes tend to produce fine particles and the building envelope acts as a partial filter to screen out larger particles. Indoor particulate matter contains a much higher fraction of organic matter than that of outdoor air, largely because of household activities such as cooking, cleaning and use of consumer products.

Indoor concentrations of fine particulate matter tend to be higher than those outdoors. Average concentrations of particles under 3.5 µm (respirable suspended particulates or RSP) range between 20 and 30 µg/m$^3$. Higher concentrations have been noted in "dirty" cities with high outdoor levels, and in homes with smokers or wood stoves. Cigarette smoke appears to be the most significant indoor source of particulate matter, and the presence of resident smokers has been shown to raise levels of fine particles in homes by between 12 and 40 µg/m$^3$ per smoker.

Numerous epidemiological studies indicate that human health has improved as concentrations of airborne particulate matter have decreased. Despite the many uncertainties in these studies, they provide some useful information on levels at which adverse health effects might be expected. Increases in mortality have been observed especially among the elderly and those with pre-existing respiratory or cardiovascular disorders, when they were exposed to concentrations of particles (including coarse particles) above 500 µg/m$^3$ accompanied by high sulphur dioxide levels for periods of one to four days. Increases in hospital admissions and in respiratory clinic visits were also noted at about the same levels, while increased prevalence of respiratory symptoms and discomfort in persons at increased risk because of pre-existing respiratory conditions were first observed at levels in the range 250 to 350 µg/m$^3$. In children, marginal decrements in lung function lasting several weeks were also associated with short exposures at about these levels, which were correlated with outdoor and indoor RSP levels estimated to be about 80 µg/m$^3$. Clinical studies, while not necessarily representing usual exposure conditions, also indicated that short exposures to concentrations of fine particulates (expressed as sulphuric acid) above 100 µg/m$^3$ could result in irritation and alterations in respiratory function in asthmatic subjects and in slowing of bronchial clearance in normal individuals.

Chronic exposure for periods of several years to moderate levels of airborne particles estimated to be around 180 µg/m$^3$ total suspended particulates or 80 µg/m$^3$ fine particles (respirable suspended particulates or RSP) appear to be correlated with increased prevalence of respiratory symptoms and chronic

respiratory disease, accompanied by reduced respiratory-function measurements, in adults and children.

### 4.A.7 Sulphur Dioxide

**The acceptable exposure ranges for sulphur dioxide in residential indoor air are:**

**ALTER: ≤ 50 μg/m³ (≤ 0.019 ppm);**

**ASTER: ≤ 1000 μg/m³ (≤ 0.38 ppm) – five-minute average concentration.**

Sulphur dioxide is the main oxide of sulphur found in indoor air. Indoor concentrations are generally lower than those outdoors by a factor of about two, primarily because most sources are outdoors, and sulphur dioxide is readily absorbed by furnishings and fabrics.

Interpretation of the results of available epidemiological studies on health effects associated with exposure to sulphur dioxide is complicated by a paucity of representative exposure data and by confounding factors such as exposure to other air pollutants. However, such studies have provided some useful albeit uncertain data concerning exposure-effect relationships. Excess mortality, particularly among the elderly and those with pre-existing cardiopulmonary disease, has been observed in populations exposed to 24-hour pollution episodes in which sulphur dioxide concentrations exceeded 300 to 400 μg/m³ (0.12 to 0.15 ppm). Increases in hospital admissions and emergency room visits have also been associated with exposure to these levels. Increased prevalence of acute and chronic respiratory symptoms and impaired pulmonary function have been observed in adults and children exposed for extended periods (> 1 year) to mean levels of 100 μg/m³ (0.038 ppm) sulphur dioxide.

Relevant data have also been obtained from clinical studies; however, exposures in such investigations are short and do not necessarily represent usual exposure conditions. In normal subjects, increased airway and nasal flow resistance and a change in the mucociliary flow rate have been observed following exposure to 2600 μg/m³ (1.0 ppm) sulphur dioxide; reversible increases in specific airway resistance have been observed in asthmatics exposed by natural breathing for brief periods to concentrations exceeding 1000 μg/m³ (0.38 ppm).

### 4.A.8 Water Vapour

**Based on health considerations, the acceptable short-term exposure ranges (ASTER) for water vapour in residential indoor air are:**

**30% to 80% relative humidity – summer;**

**30% to 55% relative humidity – winter***

*unless constrained by window condensation.

For purposes of indoor air quality, the most useful measure of water vapour levels is relative humidity, the ratio of the concentration of water vapour present to the concentration needed to saturate air at that temperature. Indoor humidity is determined by the humidity and temperature of outdoor air as well as by indoor sources and sinks of water vapour. The main indoor sources are human and animal metabolism, and such activities as bathing, cooking and the washing and drying of clothes. Small amounts of water vapour are also produced by combustion.

The moisture content of indoor air is reduced by dilution with drier outdoor air, by condensation on cold surfaces and by absorption or adsorption of water by materials in the home. Homes heated electrically are likely to have higher indoor relative humidities in winter than comparable homes heated by combustion furnaces, since the latter tend to increase the infiltration of dry outside air. Relative humidities in Canadian homes have been found to range from 21% to 68%.

In conjunction with temperature and air flow, relative humidity affects comfort; conditions of 20% to 60% relative humidity at temperatures between 20 and 25°C are usually judged comfortable. Long periods of low relative humidity are believed to cause dryness of the skin and mucous membranes, which may lead to chapping and irritation. High humidity at high temperatures leads to increased sweating and a loss of electrolytes from the blood; prolonged exposures may lead to heat exhaustion or heat stroke. Groups that may be at particular risk from high humidity are those suffering from cardiovascular disease, infants born two or three weeks before term and the elderly. Arthritis sufferers have been found to experience increased symptoms when a rise in humidity accompanies a drop in atmospheric pressure. People who suffer from asthma develop symptoms of bronchoconstriction after exercise more readily when breathing air at low humidity.

Several species of bacteria and viruses survive best at low or high, rather than intermediate, humidities. Humidity levels above 50% have been found to increase the population size of moulds, fungi and mites that may cause allergies. The evidence suggests that humidity levels should be maintained between 40% and 50% to reduce the incidence of upper respiratory infections and to minimize adverse effects on people suffering from asthma or allergies. Such a range would be hard to maintain, however, and exposure to higher or lower levels is unlikely to affect the health of most people.

## Part B. Substances with Exposure Guidelines – Carcinogenic Effects

For substances designated as human or potential human carcinogens, a continuing effort should be made to reduce exposure to the lowest possible level. It is recognized that attainment of this goal must be considered in light of the cost and feasibility of remedial measures and technological changes. It was, therefore, considered desirable to specify exposure guidelines in terms of both what can be attained now (action level) and what should be striven for as a longer-term objective (target level).

### 4.B.1 Formaldehyde*

**The exposure guidelines for formaldehyde in residential indoor air are:**

**ACTION LEVEL: 120 μg/m³ (0.10 ppm);**

**TARGET LEVEL: 60 μg/m³ (0.05 ppm).**

*Also see Section 4.A.1, "Aldehydes".

Formaldehyde is a colourless gas with a pungent odour. It combines readily with water to form a non-volatile compound and has a tendency to be absorbed onto surfaces and textiles, such as carpets and curtains. An equilibrium is established between formaldehyde in air and that adsorbed on surfaces and within wood products such as particle board.

Formaldehyde is formed naturally in the environment; outdoor concentrations in remote regions are about 7 $\mu g/m^3$ (0.006 ppm). Outdoor levels in Canadian locations are about 10 $\mu g/m^3$ (0.008 ppm). Man-made sources of formaldehyde include combustion and the decomposition of formaldehyde resins used in wood, paper, textiles or urea-formaldehyde foam insulation (UFFI). In two large Canadian surveys, average formaldehyde concentrations of 14 and 42 $\mu g/m^3$ (0.011 and 0.034 ppm) were found in homes that did not have UFFI; higher average levels were detected in homes with UFFI (66 $\mu g/m^3$; 0.054 ppm). Levels in mobile homes which generally contain a high proportion of urea-formaldehyde resin pressed wood products tend to be even higher than the concentrations in homes with UFFI.

Formaldehyde is a vitally important intermediate in the normal metabolism of cells. It serves as a building block for the synthesis of purines, pyrimidines and many amino acids and lipids and is a key molecule in one-carbon metabolism. It is present at low levels in body fluids, and exposure to exogenous sources does not lead to any appreciable increase in these levels.

Formaldehyde gas is a sensory irritant, primarily affecting the nasal passages, respiration and the eyes (see Section 4.A.1). In addition, in two well-conducted bioassays and a more limited study, formaldehyde has been found to be carcinogenic in two strains of rats, producing a high incidence of nasal squamous cell carcinomas (38% to 50%) following administration of approximately 18 $mg/m^3$ (15 ppm). Formaldehyde is also genotoxic in a number of assays and is weakly mutagenic in cultured human cells as well as in other mammalian cells, Drosophila, fungi and bacteria. Although the epidemiological studies conducted to date provide little convincing evidence that formaldehyde is carcinogenic in human populations, the possibility cannot be excluded owing to limitations of the available data.

Because of the possible carcinogenicity of formaldehyde, it would be prudent to reduce indoor levels as much as possible. The action level of 120 $\mu g/m^3$ is the lowest concentration considered to be feasible at the present time. However, it is recommended that in future, and where remedial measures are taken, every effort be made to reduce concentrations to below the target value (60 $mg/m^3$).

### 4.B.2 Radon

**The exposure guideline for radon in residential indoor air is:**

**ACTION LEVEL: 800 Bq/m3 as an annual average concentration in the *normal* living area.**

Radon, a naturally occurring noble gas and a member of the uranium-238 decay chain, is a chemically inert gas which diffuses from its local site of production. Radon decays with a half-life of 3.82 days via an alpha particle emission into a series of radionuclides with short half-lives called radon progeny (radon daughter products) and eventually to the radionuclide lead-210, which has a relatively long half-life. The radon progeny are chemically reactive particulates which attach almost immediately to aerosol particles in the atmosphere.

The average worldwide concentration of radium in soil is 25 Bq/kg; this medium constitutes the main source of radon in the global atmosphere. The outdoor concentration range in continental North America is 0.7 to 35 $Bq/m^3$, with an average concentration of 7.0 $Bq/m^3$. Sources of radon in indoor air include transport of soil gas into basements, domestic use of radon-bearing well water, building materials and natural gas supplies.

Levels of radon in indoor air are normally higher than outdoor levels and depend mainly on the source strengths and ventilation rate. There have been several surveys of radon in Canadian homes, the results of which indicate indicate significant differences across the country. In a survey of 14 000 homes in Canada conducted between 1977 and 1980, 0.1% of homes had radon levels in excess of 800 $Bq/m^3$. The geometric means for the communities monitored in the cross-Canada survey ranged from a low of 5.2 $Bq/m^3$ to a high of 57 $Bq/m^3$.

Inhalation of radon and radon progeny leads to radiation exposure of the bronchial tissue of the lungs with a resultant risk of cancer. More than 95% of the radiation dose results from the deposition and decay of the radon progeny. The increased risk of lung cancer among uranium miners exposed to radon and radon progeny has been well documented in a number of epidemiological studies. A study of the correlation of lung cancer mortality with concentrations of radon progeny in indoor air in 18 Canadian cities has been conducted. Despite the relatively wide variation of indoor concentrations in different cities, no association between radon and lung cancer mortality rates was apparent. It is conceivable that domestic radon exposure in Canada may result in such a small increase of lung cancer risk that it would be detectable only in a more definitive health effects approach such as a large case-control study.

Because radon is a potential human carcinogen, it would be prudent to reduce indoor levels as much as possible. In addition, in view of the seasonal variability in the composition of indoor air, an annual averaging time is recommended for the application of the exposure guideline.

Therefore, it is recommended that remedial measures be taken where the annual average concentration level of radon in the normal living area of a home is found to exceed 800 $Bq/m^3$. Because there is some risk at any level of radon exposure, homeowners may wish to reduce levels of radon to as low a level as practicable.

## Part C. Substances with Recommendations for Controlling Exposure

In examining the need for guidelines for pollutants listed in this part of the document, the scientific literature was reviewed for pollutants listed in Parts A and B of this section. The development

of quantitative exposure guidelines was, however, considered inappropriate for a number of reasons:

- for some groups of substances the individual components may have widely differing toxicological properties; the complexity of the mixtures precluded establishing a guideline for each constituent or for the group as a whole;
- establishment of air quality guidelines may not be the appropriate strategy for control, especially where inhalation is not the most significant route of exposure;
- there are deficiencies in the scientific data base.

For these substances or groups, information on potential adverse health effects and possible sources has been provided, and recommendations that should help to eliminate or reduce exposure to them have been developed.

### 4.C.1 Biological Agents

**In order to prevent many of the common indoor problems due to biological agents, measures should be taken to ensure that:**

- **excess humidity and condensation are not present;**
- **surfaces are kept free of dust;**
- **stagnant water sources, such as humidifier tanks, are kept clean and occasionally disinfected;**
- **a high standard of appropriate personal hygiene is maintained.**

The indoor environment can present the potential for illness due to exposure to biological agents. These agents may include microorganisms from humans, pets or insects within the home, or from growth on surfaces or in stagnant water. Dust from outside and inside the home includes pollens, spores, cells, cell debris and insects. Such materials in the air may cause infectious diseases or allergic illnesses in sensitized persons in the home. Illnesses must be systematically investigated in order to reveal the cause and to determine possible means of control. Control measures include disinfection and physical removal of the agent where possible and various means of controlling particulate matter and excess humidity. Due to varying individual sensitivity, however, extraordinary measures may sometimes be required to prevent symptoms.

The variety of biological agents that may occur in air is immense, and their potential for effects on susceptible individuals is unpredictable. Because of the complexity of the problem and the lack of data from which contamination levels can be related to disease incidence, it is not possible to recommend limits for biological agents in general.

### 4.C.2 Consumer Products

**It is recommended that exposures resulting from the use of consumer products be kept to a minimum by ensuring adequate ventilation and observing any other precautionary measures described on the product label and in any accompanying information.**

**Pest control products should be used only when absolutely necessary.**

#### 4.C.2.1 Chlorinated Hydrocarbons

Large quantities of chlorinated hydrocarbons are produced and used annually worldwide. They are present in the home environment principally as solvents, cleansers and aerosol propellants, and some individuals may be exposed to relatively high levels of them in the pursuit of hobbies. In some cases, chlorinated hydrocarbons may be released continuously from household products; they have also been detected in drinking water.

Chlorinated hydrocarbons are absorbed into the body principally by inhalation, but also through the skin and gastrointestinal tract; they tend to accumulate in fatty tissues such as the brain, bone marrow and body fat. Recovery from the acute effects of exposure to the volatile chlorinated hydrocarbons is usually complete, but, after repeated exposures, adverse health effects can include depression of, or permanent damage to, the central nervous system, irritation of the eyes and lungs, and damage to the skin, liver and kidneys. In the case of dichloro- methane, a metabolite is carbon monoxide, which can cause cardiovascular stress (see Section 4.A.3).

In the home, exposures occur primarily through the use of consumer products and can be of short duration, but levels may be sufficiently high to have the potential for adverse health effects.

#### 4.C.2.2 Pest Control Products

Pest control products comprise a very large number of diverse chemicals. They are widely used in and around the home environment, both by residents and by professional pest control applicators. These products are employed to control insects in the home, to prevent insect damage to fabrics, to treat house plants against both insects and fungi, to treat pets, and to disinfect the air, water and surfaces around the home. Occasional inadvertent exposure may occur because of impregnation of building products or household articles with pesticidal preservatives and subsequent release of these into the air. Surfaces in the home may be coated with pesticides after normal use, and food prepared or stored in the room during or after pesticide use can also be contaminated. Pesticides may also infiltrate homes after outdoor application. Many pest control products contain, in addition to the active ingredients, non-active ingredients such as solvents, wetting agents and stabilizers. Such ingredients may have much higher vapour pressures, and hence be present at higher airborne levels, than the active ingredients, and a few have biological activity of their own.

Exposure to pest control products in the home can occur both by inhalation and by absorption through the skin, for example, following contact with pesticide-treated surfaces. Pesticides may also be ingested following injudicious use in the vicinity of foods.

Available data on exposure levels in the home indicate that airborne levels of most pesticides are very low if products are used as directed. Misuse of pesticides, whether through failure to follow the instructions provided, heavy use in areas where food is stored, prepared or eaten, use in poorly ventilated spaces or misapplication of products designed for outdoor use, provides the greatest potential for exposure in the home, and levels can then be high enough to create a health hazard.

Adverse human health effects from exposure to low levels in the home tend to be non-specific, similar to ailments caused by many other chemical agents: respiratory effects, coughing, burning of eyes and nose, rhinitis, headache, dizziness, fatigue and general malaise. Two major groups of pesticides are anticholinesterase agents, causing augmentation of secretory activity in bronchial, lachrymal, salivary and other glands, and contraction of smooth muscles of the bronchioles. Allergic reactions to a few pesticides occur very occasionally. Most pesticides used in Canada today break down quickly in body tissues. No pesticides available for domestic use in Canada have been assessed as human carcinogens.

Pest control products are subject to extensive review and regulation by several federal and provincial departments before they are released to the market. This ensures that the consumer is provided only with products that, although potentially toxic, are safe if used as directed and that adequate instructions and warnings regarding the use of these products are also provided. Thus, the consumer is ultimately responsible for the proper use of pesticides in the home.

### 4.C.2.3 Product Aerosols

An aerosol can be a suspension of fine liquid or solid particles in air or other gases; in these guidelines, product aerosols are considered to be consumer products that are dispersed under pressure from disposable containers.

An aerosol product has three main components: the active ingredient or ingredients, the propellant, and miscellaneous additives used to improve the product, such as plasticizers, synthetic resins, surfactants and emulsifiers. Some products consist of gaseous components only and therefore do not result in the production of an aerosol.

Aerosol propellants used currently in Canada include hydrocarbons, such as propane, butane and isobutane; nitrous oxide; dichloromethane (commonly called methylene chloride); carbon dioxide; dimethyl ether; and nitrogen. Nitrous oxide may also be used as the propellant for food products.

Product aerosols are formulated from a wide variety of chemicals, some of which are potentially toxic at high concentrations. Certain components may be subjected to review, and hence control, under federal legislation such as the Hazardous Products Act and the Environmental Contaminants Act. For example, prior to 1980, fluorochlorohydrocarbons were used as propellants for most aerosol sprays. Fluorochlorohydrocarbons are still used as aerosol propellants in many products, including aerosol cooking sprays, but trichlorofluoromethane and dichlorodifluoromethane have been banned, under the Environmental Contaminants Act, for use as propellants in hair sprays, deodorants and antiperspirants.

Generally the use of product aerosols in the home is of short duration and intermittent, ranging from about once or twice a day for deodorant sprays to four times a year for oven cleaners.

### 4.C.3 Fibrous Materials

**Precautions should be taken to minimize inhalation of, and skin contact with, mineral fibres during home renovations and installation operations. Materials and products containing fibres should also be examined periodically for signs of deterioration. Advice should be sought before removing or damaging any materials thought to contain asbestos.**

*Asbestos* is the general term for six fibrous silicate minerals that are useful because of their high tensile strength, durability, flexibility and resistance to heat and chemicals. A large proportion of total asbestos production is used in the construction industry in materials such as asbestos-cement sheeting and pipes. Under normal conditions of use, asbestos fibres are not expected to be released from such materials. Fibres may, however, be released from friable surfaces (such as sprayed asbestos-containing insulation or low-density insulation blocks), or from other construction materials in the course of renovation or maintenance. Available data indicate that, in general, asbestos levels in homes are not significantly greater than those in ambient air. Concentrations as much as three orders of magnitude higher have been measured during such operations as sanding of drywall taping compounds. Under the Hazardous Products Act, asbestos is now prohibited in most consumer products where respirable dusts are generated during normal use.

Prolonged exposure to elevated levels of asbestos fibres causes asbestosis, lung cancer, mesothelioma and possibly laryngeal cancer and malignancies of the gastrointestinal tract. The risk of developing asbestosis as a result of exposure to levels of asbestos in indoor or ambient air is probably negligible. It is difficult to quantify the risks of lung cancers and mesothelioma associated with exposure to indoor (and outdoor) levels, owing, in part, to problems inherent in using data from historical epidemiological studies for extrapolation, but mainly owing to the complexity of asbestos itself (i.e., variations in risk associated with different sizes and properties of the fibres). Nevertheless, it is likely that these risks are small.

*Man-made mineral fibres* (MMMF) include fibrous glass, mineral wool and ceramic fibres. Fibrous glass accounts for approximately 80% of all MMMF produced and is used mainly as thermal or acoustical insulation. There are few data on levels of fibrous glass in residences; mean levels measured during the installation of glass-fibre insulation have ranged from 0 to 8 fibres/mL. Levels in homes are probably not significantly above ambient levels except during such installations or modifications. Levels in public buildings have been found to range from 0 to 0.008 fibres/mL.

Glass fibres cause transient irritation of skin and eyes in workers occupationally exposed to them. Long-term studies have provided only equivocal evidence of respiratory disease as a result of exposure to glass fibres; however, an excess of lung cancer deaths (not consistently related to dose or duration) has been found in mineral wool workers 20 or more years after first exposure. The available data indicate that man-made mineral fibres are less pathogenic than asbestos, possibly because of their size distribution and greater solubility in the lung.

### 4.C.4 Lead

**In order to minimize the exposure of people, and especially children, to lead of airborne origin, it is recommended that surfaces that may be contaminated be cleaned frequently and that a high standard of overall cleanliness be maintained.**

Airborne lead is present mainly as inorganic lead compounds in dust particles. More than 90% of the global emissions of airborne lead are from man-made sources, principally the combustion of leaded gasoline, followed by mining and smelting. Atmospheric levels of lead in remote areas are in the range 0.05 to 8 ng/m$^3$. Levels in urban areas depend upon proximity to roadways and industrial sources, and upon such factors as traffic density, wind speed and height above the ground. Annual geometric mean lead concentrations measured in Canada declined steadily from 0.74 µg/m$^3$ in 1973 to 0.27 µg/m$^3$ in 1982.

The major indoor source of airborne lead is the outside air, and indoor levels tend to be lower than outdoor levels.

People are exposed to airborne lead both directly by inhalation and indirectly by ingestion of lead that has settled as dust. In adults, approximately 10% of the ingested lead is absorbed; for young children, the figure may be as high as 53%. The amount of lead absorbed from the lungs is believed to range from 30% to 50% of the total inhaled lead.

Once lead is absorbed, it is distributed to the soft tissues and the skeleton. Lead in blood reflects current exposure to lead and has a biological half-life of about 16 days. Lead in the skeleton represents long-term accumulation and its half-life is several decades.

Lead can produce many toxic effects in the body. The main symptoms of lead poisoning include anaemia, abdominal cramps, constipation, renal damage and encephalopathy. Children are more sensitive than adults to the harmful effects of lead and may also experience irritability and loss of appetite. Learning impairment and alterations in neurobehavioural responses may occur at low exposure levels.

There is uncertainty in determining total exposure to airborne lead because of indirect exposure to lead of airborne origin that has settled as dust. Therefore, it is not possible to derive an acceptable air lead level for the indoor environment.

Although lead is introduced into the domestic environment mainly as an airborne pollutant, the major pathway for exposure is through ingestion of dust once it has settled. Exposure to lead can be controlled to some extent in homes by frequent cleaning of surfaces, including food preparation areas.

### 4.C.5 Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)

**Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons indoors should be kept to a minimum by:**

- **ensuring that any combustion systems, for example wood- and coal-burning stoves, are properly installed and maintained and operated under conditions of satisfactory ventilation;**
- **adhering to the guidelines and recommendations given in this document for particulate matter and tobacco smoke.**

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) are a large class of organic compounds, most of which are non-volatile solids that are very insoluble in water. They are frequently adsorbed onto the surfaces of particulates, and over 100 PAHs have been detected in airborne particulate matter.

Polycyclic aromatic hydrocarbons are produced when materials containing carbon and hydrogen are burned. Coal burning and the use of internal combustion engines are reported to be major sources, although it has also been claimed that residential wood burning is the major source of PAHs in the USA. Outdoor levels have been measured in the range 0.1 to 60 ng/m$^3$ in urban areas and 0.001 to 2 ng/m$^3$ in rural areas. Indoor levels are often dominated by levels in the outdoor air, but cooking (where charring of food occurs), improperly operating wood stoves and open fireplaces and tobacco smoking can add significantly to indoor exposures. There are few quantitative data on levels of airborne PAHs in houses, and limitations in the available methods for collecting and measuring PAHs may mean that the available data are unreliable.

Exposure to PAHs is possible through skin contact, inhalation and ingestion. Although it has been estimated that ingestion of foods accounts for most of the exposure to PAHs, exposures through the dermal and inhalation routes appear to have more significant effects on human health. In particular, in some instances elevated concentrations of PAHs have been found in air, and the concern over exposure to airborne PAHs centres on the potential of these compounds to cause lung cancer.

There is a paucity of toxicological data (especially inhalation data) for most individual PAHs and almost no data for PAH mixtures. Epidemiological studies of humans are limited by the fact that exposures are usually to low levels of PAH mixtures, and often in the presence of other pollutants. As a result, it is impossible to identify the effects of any particular PAH and to reliably quantify the risks to human health.

The lack of reliable data on which to base dose-response relationships and the difficulty of distinguishing the effects of PAHs in the environment from those of other pollutants prevent the assignment of a guideline for exposure to PAHs in indoor air. Since some PAHs are known to be carcinogenic, exposure to these substances should be minimized.

### 4.C.6 Tobacco Smoke

**In view of the carcinogenic properties of tobacco smoke, it is recommended that any exposure to tobacco smoke in indoor environments be avoided.**

Tobacco smoke is a complex mixture of substances, including carbon dioxide, carbon monoxide, oxides of nitrogen and a large number of organic vapours and solids. Over 50 of the components are known to cause adverse health effects; 12 (including vinyl chloride, 2-naphthylamine, benzo(a)pyrene and formaldehyde) are known or suspected carcinogens. Carbon dioxide, carbon monoxide, oxides of nitrogen, formaldehyde and particulate matter are among the components of tobacco smoke for which

individual air quality guidelines are recommended elsewhere in this document.

The largest amounts of most components are found in the smoke emitted into the environment directly from the burning end of the cigarette. Symptoms reported by non-smokers exposed to such "sidestream" smoke include eye, nose and throat irritation, headache, nausea, dizziness and loss of appetite. Furthermore, the lingering odour and reduced visibility from tobacco smoke are aesthetically unpleasant to many people.

Increased risks of lung cancer have been observed in non-smoking populations exposed to sidestream smoke. Other suspected health effects of tobacco smoke on non-smokers include the aggravation of such conditions as asthma and angina pectoris, increased risks of spontaneous abortion, congenital malformation or sudden infant death syndrome in the children of smoking mothers, and retarded development of children whose mothers were exposed to tobacco smoke during pregnancy. Increased risks of respiratory diseases have been observed among children whose parents were smokers, and non-smoking wives of smokers have been found to have increased risks of death from nasal sinus cancer and ischaemic heart disease.

Estimates indicate that non-smokers repeatedly exposed to tobacco smoke are at a significantly higher risk of contracting tobacco-smoke-induced lung cancer. While these calculations involve a number of assumptions that lead to uncertainty in the actual magnitude of the hazard, it is widely believed that there is no level of exposure to carcinogenic substances below which a risk does not exist.

# Glossary

Adenocarcinoma
malignant tumour of glandular origin

Aerosol
particles dispersed in a gas

Allergy
unusual sensitivity to particular food, particles, irritants, etc.

ALTER
acceptable long-term exposure range

Alveolus
small cavity or socket (usually in lung where oxygen and carbon dioxide are exchanged)

Anaemia
deficiency of red blood cells or their haemoglobin

Angina pectoris
thoracic (chest) pain with a feeling of suffocation

Aromatic
compound having physical and chemical properties resembling those of benzene

Asbestosis
chronic lung inflammation caused by inhalation of asbestos fibres

ASTER
acceptable short-term exposure range

Asthma
disease (especially allergic) of respiration, especially with paroxysms of difficult breathing

Becquerel
a unit of radioactivity, equivalent to one atomic disintegration per second

Bronchiole
minute branch of bronchus

Bronchus
either of the two main divisions of the trachea (windpipe)

Carcinogen
cancer-producing substance

Carcinogenesis
production of a carcinoma

Cardiovascular
pertaining to the heart and blood vessels

Confounding factor
a variable that distorts the apparent magnitude of the effect of a study factor on risk

Dermal
of the skin

Dermatitis
inflammation of the skin

Encephalopathy
any degenerative disease of the brain

Endogenous
developing or originating within the organism

Epidemic
prevalent among a community at a particular time

Epidemiology
science of epidemics

Exogenous
developing or originating outside the organism

Genotoxic
toxic to the genome (i.e., DNA)

Haemoglobin
the oxygen-carrying pigment of the red blood cell

Hydrocarbons
compounds composed of hydrogen and carbon

Ischaemia
reduction of blood supply to part of the body

Larynx (adj. laryngeal)
: the voice box at the entrance to the windpipe in front of the neck

Mesothelioma
: malignant tumour derived from mesothelial tissue

Morbidity
: incidence of sickness in a given period

Morphology
: comparative anatomy

Mortality
: death rate in a given period

Mucociliary
: pertaining to the ciliated mucus-coated epithelium of the conducting airways

Mucosa
: mucous membrane

Mutagen
: agent causing mutation

Mutation
: genetic change which when transmitted to offspring gives rise to heritable variation

Pathogen
: agent causing disease

Pesticide
: substance for destroying pests

Photochemical oxidant
: any chemical that enters into oxidation reactions in the presence of light or other radiant energy

Pulmonary
: pertaining to the lungs

Renal
: pertaining to the kidneys

Rhinitis
: inflammation of the lining of the nose

Squamous
: covered with, or composed of, scales

Surfactant
: surface active agent that decreases surface tension

Surrogate
: something that acts for, or takes the place of, another

Synergism
: combined effect of drugs, pollutants, etc., that exceeds the sum of their individual effects

Teratogen
: an agent causing defects in a developing foetus

Toxicological
: pertaining to toxicology, the study of the nature and effects of hazardous substances

Trachea
: windpipe

# Appendix A

## Summary of Exposure Guidelines

| | Acceptable Exposure Ranges | | |
|---|---|---|---|
| **Contaminant** | **ASTER** | **ALTER** | **Page** |
| Aldehydes (total) | $\Sigma c_i/C_i \leq 1$[a] | – | 8 |
| Carbon Dioxide | – | ≤ 6300 mg/m$^3$ (≤ 3500 ppm) | 8 |
| Carbon Monoxide | ≤ 11 ppm – 8 h[b]<br>≤ 25 ppm – 1 h[b] | – | 9 |
| Formaldehyde | [c] | [d] | 11 |
| Nitrogen Dioxide | ≤ 480 µg/m$^3$ (≤ 0.25 ppm) – 1 h | ≤ 100 µg/m$^3$ (≤ 0.05 ppm) | 9 |
| Ozone | ≤ 240 µg/m$^3$ (≤ 0.12 ppm) – 1 h | – | 10 |
| Particulate Matter[e] | ≤ 100 µg/m$^3$ – 1 h | ≤ 40 µg/m$^3$ | 10 |
| Sulphur Dioxide | ≤ 1000 µg/m$^3$ (≤ 0.38 ppm) – 5 min | ≤ 50 µg/m$^3$ (≤ 0.019 ppm) | 11 |
| Water Vapour | 30-80% R.H. ≥ summer<br>30-55% R.H. ≥ winter[f] | – | 11 |
| Radon | - | [g] | 12 |

a $C_i$ = 120 µg/m$^3$ (formaldehyde); 50 µg/m$^3$ (acrolein); 9000 µg/m$^3$ (acetaldehyde), and $c_i$ are respective concentrations measured over a five-minute period.

b Units given only in parts per million so that guidelines are independent of ambient pressure.

c See Aldehydes (total).

d See page 11.

e ≤ 2.5 µm mass median aerodynamic diameter (MMAD).

f Unless constrained by window condensation.

g See page 12.

# Appendix B

## Summary of Exposure Control Recommendations

| Contaminant | Recommendation | Page |
|---|---|---|
| Biological Agents | To prevent many of the common indoor problems due to biological agents, measures should be taken to ensure that:<br>– excess humidity and condensation are not present;<br>– surfaces are kept free of dust;<br>– stagnant water sources, such as humidifier tanks, are kept clean and occasionally disinfected;<br>– a high standard of appropriate personal hygiene is maintained. | 13 |
| Consumer Products (chlorinated hydrocarbons, pest control products, aerosols) | It is recommended that exposures resulting from the use of consumer products be kept to a minimum by ensuring adequate ventilation and observing any other precautionary measures described on the product label and in any accompanying information. Pest control products should be used only when absolutely necessary. | 13 |
| Fibrous Materials | Precautions should be taken to minimize inhalation of, and skin contact with, mineral fibres during home renovations and installation operations. Materials and products containing fibres should also be examined periodically for signs of deterioration. Advice should be sought before removing or damaging any materials thought to contain asbestos. | 14 |
| Lead | In order to minimize the exposure of people, and especially children, to lead of airborne origin, it is recommended that surfaces that may be contaminated be cleaned frequently and that a high standard of overall cleanliness be maintained. | 15 |
| Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) | Exposure to PAHs indoors should be kept to a minimum by:<br>– ensuring that any combustion systems, for example wood- and coal-burning stoves, are properly installed and maintained and operated under conditions of satisfactory ventilation;<br>– adhering to the guidelines and recommendations given in this document for particulate matter and tobacco smoke. | 15 |
| Tobacco Smoke | In view of the carcinogenic properties of tobacco smoke, any exposure to tobacco smoke in indoor environments should be avoided. | 15 |

# Appendix C

## Members of the Federal-Provincial Working Group on Indoor Air Quality

**Chairman and New Brunswick Representative**
Dr. W.H. Wyile
Chief, Medical Division
Department of Health
Carleton Place
P.O. Box 6000
FREDERICTON, New Brunswick
E3B 5H1

**Secretary and Department of National Health and Welfare Representative**
Dr. V.C. Armstrong
Head, Environmental Criteria Section
Bureau of Chemical Hazards
Environmental Health Centre
Tunney's Pasture
OTTAWA, Ontario
K1A 0L2

**Alberta**
Mr. E.A. Collom
Assistant Director
Environmental Health Services
Health Promotion and Protection Services
Alberta Social Services and Community Health
Seventh Street Plaza
10030 - 107 Street
EDMONTON, Alberta
T5J 3E4

**Manitoba**
Mr. D.J. Bezak
Head, Air Standards and Studies
Environmental Management Services
Environmental Management Division
Environment and Workplace Safety and Health
Box 7, Building #2
139 Tuxedo Avenue
WINNIPEG, Manitoba
R3C 0V8

**Newfoundland**
Mr. G.P. Wood
Occupational Hygienist
Occupational Health and Safety Division
Department of Labour and Manpower
Confederation Building
ST. JOHN'S, Newfoundland
A1C 5T7

**Nova Scotia**
Mr. T.A. Mejzner
Director, Occupational Health
Community Health Services
Nova Scotia Department of Health
Joseph Howe Building, Hollis Street
P.O. Box 488
HALIFAX, Nova Scotia
B3J 2R8

**Ontario**
Mr. J.J. Smith
Supervisor, Chemical Agents Unit
Intergovernmental Relations and
Hazardous Contaminants Coordination Branch
Ontario Ministry of the Environment
135 St. Clair Avenue West, Suite 100
TORONTO, Ontario
M4V 1P5

**Prince Edward Island**
Mr. L.J. Gallant
Community Hygiene Health Officer
Division of Community Hygiene
Department of Health and Social Services
Sullivan Building, Fitzroy Street
P.O. Box 2000
CHARLOTTETOWN, Prince Edward Island
C1A 7N8

**Saskatchewan**
Mr. H.C. Wooley
Occupational Hygienist
Occupational Health and Safety Branch
Saskatchewan Labour
1870 Albert Street
REGINA, Saskatchewan
S4P 3V7

# Appendix D

## Members of the Federal-Provincial Subcommittee on Radiation Surveillance

**National Health and Welfare**
Dr. E.G. Létourneau (Chairman)
Director, Bureau of Radiation and Medical Devices
Health and Welfare Canada
Room 128, R.P.B. Bldg.
775 Brookfield Road
OTTAWA, Ontario
K1A 1C1

**Secretary**
Mr. A. Mattioli
Bureau of Radiation and Medical Devices
Health and Welfare Canada
Room 2, R.P.B. Bldg.
775 Brookfield Road
OTTAWA, Ontario
K1A 1C1

**Newfoundland**
Mr. Everett F. Price
Manager, Medical and Hygiene Services
Department of Labour
Confederation Building
ST. JOHN'S, Newfoundland
A1C 5T7

**Prince Edward Island**
Mrs. Gayle Murphy, A.C.R.
Radiology Manager
Department of Radiology
Queen Elizabeth Hospital
P.O. Box 6600
CHARLOTTETOWN, Prince Edward Island
C1A 8T5

**Nova Scotia**
Mr. Ted Dalgleish
Senior Radiation Health Officer
Department of Health and Fitness
P.O. Box 488
HALIFAX, Nova Scotia
B3J 2R8

**New Brunswick**
Mr. Keith L. Davies
Head, Radiation Protection Services
Department of Health and Community Services
4th Floor, Carleton Place
King Street
P.O. Box 5100
FREDERICTON, New Brunswick
E3B 5G8

**Québec**
Dr Jean-Marc Légaré
Service de radioprotection
Ministère de l'Environnement du Québec
5199 est, rue Sherbrooke, suite 3860
MONTRÉAL (Québec)
H1T 3X9

**Québec**
M. Richard Tremblay
Service de contrôle de la qualité
Ministère de la Santé et des Services sociaux
1075, chemin Ste-Foy, 10e étage
QUÉBEC (Québec)
G1S 2M1

**Ontario**
Mr. Joe Ritchie
Chief, X-Ray Inspection Services
Ontario Ministry of Health
7 Overlea Boulevard, 6th Floor
TORONTO, Ontario
M4H 1A8

**Ontario**
Mr. John Tai-Pow
Chief, Radiation Protection Service
Ontario Ministry of Labour
81 Resources Road
WESTON, Ontario
M9P 3T1

**Manitoba**
Dr. Allan M. Sourkes
Head, Radiation Protection Section
Department of Medical Physics
Manitoba Cancer Treatment and Research Foundation
100 Olivia Street
WINNIPEG, Manitoba
R3E 0V9

**Saskatchewan**
Dr. L. Denis Brown
Head, Radiation Safety Unit
Department of Human Resources, Labour and Employment
Saskatchewan Place
1870 Albert Street
REGINA, Saskatchewan
S4P 3V7

**Alberta**
Mr. Patrick J. Barrett
Director, Medical X-Ray Program
Radiation Health Service
Alberta Occupational Health and Safety
4th Floor, Donsdale Place
10709 Jasper Avenue
EDMONTON, Alberta
T5J 3N3

**British Columbia**
Mr. Brian Phillips
Director, Radiation Protection Service
B.C. Ministry of Health
307 West Broadway, Suite 200
VANCOUVER, British Columbia
V5Y 1P9

# Directives d'exposition concernant la qualité de l'air des résidences

Rapport du Comité consultatif [illegible]

Santé et Bien-être social Canada
Health and Welfare Canada
Canada

# Directives d'exposition concernant la qualité de l'air des résidences

## Rapport du Comité consultatif fédéral-provincial de l'hygiène du milieu et du travail

Direction de l'hygiène du milieu
Direction générale de la protection de la santé

Avril 1987
(Révisé en juillet 1989)

Also available in English under the title
"Exposure Guidelines for Residential Indoor Air Quality"

Des exemplaires du présent rapport peuvent être obtenus en s'adressant à la
Direction générale des communications
Santé et Bien-être social Canada
19e étage
Immeuble Jeanne-Mance
Ottawa (Ontario)
K1A 0K9

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada
Cat. H49-58/1990F
ISBN 0-662-96146-3

DHM-RT-156

**Remerciements**

Les membres du Groupe de travail de la qualité de l'air intérieur et du Sous-comité de la surveillance radiologique désirent remercier les organisations, les organismes gouvernementaux et les personnes suivantes pour leur précieux concours lors de l'élaboration de ces directives.

Nous remercions les membres suivants du personnel de la Direction de l'hygiène du milieu, du ministère de la Santé nationale et du Bien-être social qui étaient responsables, à titre de membres du secrétariat technique du groupe de travail, de l'établissement des critères scientifiques à la base des directives et des recommandations, particulièrement: M^me^ T. Arbuckle, M. A. Atkinson, D^r^ J.A. Buccini, M. N. Collishaw, D^r^ R.S. Eaton, M. G. Garneys, D^r^ J.W.S. Jamieson, M^me^ M.E. Meek, M. R.G. McGregor, M^me^ J. Sitwell, D^r^ R. Tobin et M^me^ G. Wood. Les personnes suivantes ont évalué certaines données toxicologiques et épidémiologiques: D^r^ A. Gilman, M. J. Harrison, M. K. Mancuso, D^r^ R. Morris, M. R. Paolini, M. M. Raizenne, D^r^ J. Ruddick et D^r^ G.S. Wiberg.*

Une partie des travaux de recherche documentaire de l'évaluation et de la rédaction des ébauches préliminaires de la documentation à l'appui a été faite à contrat par les firmes d'experts-conseils suivantes: *B.C. Research*, *Concord Scientific Corporation* et *T.D.S. Limited*; ces directives et la documentation à l'appui ont été annotées pour l'impression par le D^r^ J.M. Park de *Michael Holliday and Associates*.

De nombreux organismes fédéraux et provinciaux ont fourni des informations précieuses, notamment des données et de la documentation inédites, ainsi que des critiques constructives et des suggestions utiles. Le représentants de certains de ces organismes ont participé aux réunions du groupe de travail. Nous tenons particulièrement à souligner l'aide et les conseils fournis par M. P. Russell (Société canadienne d'hypothèques et de logement), D^r^ M. Brownstein (ministère de la Consommation et des Corporations), D^r^ D. Walkinshaw (Division des recherches sur le bâtiment, Conseil national de recherches du Canada) et M. C.E. Duncan (ministère de l'Environnement de l'Ontario).

*Décédé

**Avant-propos**

On reconnaît maintenant que le milieu intérieur, en dehors des industries, peut contribuer de façon significative à l'exposition des personnes aux polluants atmosphériques. C'est particulièrement le cas dans les pays comme le Canada où les longs hivers froids et les étés chauds poussent les gens à passer de longues périodes dans des édifices à air climatisé. Également, au cours des dernières années, l'accent a été mis sur la réduction de la consommation d'énergie, particulièrement du pétrole, dans les édifices, en réduisant le taux de renouvellement de l'air, en installant de l'isolant additionnel et en utilisant des énergies de remplacement. Toutes ces mesures augmentent vraisemblablement la concentration de certains contaminants à l'intérieur des maisons au-dessus des teneurs de l'air extérieur et ont donc attiré l'attention des autorités en matière de santé publique, de normes du bâtiment et de la construction domiciliaire, et celle du public en général. En avril 1979, l'Organisation mondiale de la Santé a organisé une réunion d'experts pour traiter des aspects de la qualité de l'air intérieur qui influent sur la santé. Ce groupe a recommandé que les autorités en matière de santé établissent des directives pour les concentrations intérieures des contaminants de l'air afin de protéger la santé des occupants des maisons.

En juin 1980, le sous-ministre de la Santé de l'Ontario a demandé qu'une étude fédérale-provinciale soit entreprise afin d'établir des normes sur la qualité de l'air dans les nouvelles maisons. On a proposé de mettre sur pied un groupe de travail sur la qualité de l'air intérieur au cours de la réunion d'octobre 1980 du Comité consultatif fédéral-provincial de l'hygiène du milieu et du travail, proposition qui a été acceptée par les sous-ministres de la Santé.

Le Comité consultatif a demandé au Groupe de travail fédéral-provincial de la qualité de l'air intérieur d'étudier «une définition de la qualité acceptable de l'air», la nécessité d'établir «des objectifs et des concentrations maximales acceptables pour des substances données» et des «prescriptions régissant les débits d'aération ou des critères de recirculation d'air». La portée du travail devait se limiter aux «résidences privées» et des recommandations devaient être élaborées afin de protéger le public en supposant une exposition de 24 heures par jour (c'est-à-dire continuelle).

Le Groupe de travail s'est réuni pour la première fois en septembre 1981. Au cours des quatre années qui suivirent, de la documentation scientifique portant sur 17 substances, ou groupes de substances, a été recueillie pour servir de base aux directives et recommandations qu'on trouve dans le présent document. Le Groupe de travail n'a pas fait de recommandation pour le radon. Étant donné les connaissances spécialisées requises pour étudier les substances radioactives, le Comité consultatif a confié l'examen du radon au Sous-comité fédéral-provincial de la surveillance radiologique. La section 4 du présent rapport contient également une directive sur le radon, pour un total de 18 substances.

On espère que ces directives constitueront un point de référence à partir duquel on pourra évaluer la qualité de l'air résidentiel et la pertinence de mesures correctives.

## Table des matières


| | | Page |
|---|---|---|
| **1.0** | **Introduction** | 1 |
| 1.1 | Données de base | 1 |
| 1.2. | Sources de contaminants dans l'air intérieur | 1 |
| 1.2.1 | Sources extérieures | 1 |
| 1.2.2 | Sources intérieures | 1 |
| | (a) Processus de combustion | 1 |
| | (b) Matériaux de construction et meubles | 1 |
| | (c) Activités humaines | 2 |
| **2.0** | **But et portée** | 3 |
| 2.1 | Objectifs | 3 |
| 2.2 | Définitions de la qualité de l'air intérieur | 3 |
| 2.3 | «Indicateurs» généraux de la qualité de l'air intérieur | 4 |
| 2.3.1 | Dioxyde de carbone | 4 |
| 2.3.2 | Vapeur d'eau | 5 |
| **3.0** | **Élaboration de directives et de recommandations** | 6 |
| 3.1 | Base de données pour l'élaboration de directives en matière d'exposition | 6 |
| 3.1.1 | Études épidémiologiques | 6 |
| | (a) Estimation des expositions | 6 |
| | (b) Rôle des variables facteurs de confusion | 6 |
| | (c) Mesure des résultats | 6 |
| 3.1.2 | Études cliniques | 7 |
| 3.1.3 | Études animales | 7 |
| 3.2 | Méthode utilisée pour l'élaboration des directives en matière d'exposition | 7 |
| 3.2.1 | Contaminants non carcinogènes | 7 |
| 3.2.2 | Substances carcinogènes | 8 |
| 3.3 | Méthodes de surveillance | 8 |
| **4.0** | **Directives et recommandations** | 10 |
| **Partie A.** | **Substances assujetties à des directives d'exposition – effets non carcinogènes** | 10 |
| 4.A.1 | Aldéhydes | 10 |
| 4.A.2 | Dioxyde de carbone | 10 |
| 4.A.3 | Monoxyde de carbone | 11 |
| 4.A.4 | Dioxyde d'azote | 11 |
| 4.A.5 | Ozone (oxydants) | 12 |
| 4.A.6 | Matières particulaires | 12 |
| 4.A.7 | Dioxyde de soufre | 13 |
| 4.A.8 | Vapeur d'eau | 13 |
| **Partie B.** | **Substances assujetties à des directives d'exposition – effets carcinogènes** | 14 |
| 4.B.1 | Formaldéhyde | 14 |
| 4.B.2 | Radon | 15 |
| **Partie C.** | **Substances faisant l'objet de recommandations pour la limitation de l'exposition** | 15 |
| 4.C.1 | Agents biologiques | 16 |
| 4.C.2 | Produits de consommation | 16 |
| 4.C.2.1 | Hydrocarbures chlorés | 16 |
| 4.C.2.2 | Produits antiparasitaires | 16 |
| 4.C.2.3 | Aérosols | 17 |
| 4.C.3 | Matières fibreuses | 17 |
| 4.C.4 | Le plomb | 18 |
| 4.C.5 | Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) | 18 |
| 4.C.6 | La fumée de tabac | 19 |
| **Glossaire** | | 20 |
| **Annexe A:** | **Résumé des directives d'exposition** | 22 |
| **Annexe B:** | **Résumé des recommandations en matière de controle des expositions** | 23 |
| **Annexe C:** | **Membres du Groupe de travail fédéral-provincial de la qualité de l'air intérieur** | 24 |
| **Annexe D:** | **Membres du Sous-comité fédéral-provincial de la surveillance radiologique** | 25 |

# 1.0 Introduction

## 1.1 Données de base

Des critères pour une qualité d'air acceptable en milieu de travail et à l'extérieur existent depuis bien des années. Ce n'est cependant que tout récemment qu'un large public s'est intéressé aux dangers que pouvaient présenter les contaminants en suspension dans l'air intérieur. Cette prise de conscience a été amenée par plusieurs facteurs:

- une tendance à mieux construire étant donné l'accent mis sur la conservation de l'énergie;
- la présence d'une gamme de plus en plus complexe de produits chimiques utilisés dans les matériaux de construction et d'isolation, les meubles, les produits de consommation, les produits de loisirs et les matériaux pour le bricolage;
- l'utilisation de systèmes de chauffage de remplacement qui peuvent émettre des sous-produits de combustion lorsqu'ils ne sont pas bien installés ou conçus;
- la reconnaissance du fait qu'une exposition prolongée même à de très faibles concentrations de contaminants chimiques peut avoir des effets nocifs différés;
- le fait qu'en moyenne, les gens passent la plus grande partie de leur temps à l'intérieur.

## 1.2 Sources de contaminants dans l'air intérieur

La qualité de l'air intérieur dépend à la fois de celle de l'air extérieur et des caractéristiques des émissions de sources intérieures.

### 1.2.1 Sources extérieures

Dans presque tous les espaces habités fermés, il y a un échange continuel d'air avec l'extérieur. Tous les contaminants présents dans l'air extérieur se retrouvent donc vraisemblablement dans l'air intérieur. Les principaux polluants de cette catégorie comprennent: le monoxyde de carbone, les oxydes d'azote, les oxydes de soufre, les matières particulaires, l'ozone (et d'autres oxydants photochimiques) et le plomb.

Ces polluants proviennent en grande partie des émissions des automobiles et des industries et d'autres processus de combustion. Lorsqu'il n'y a pas de source intérieure de ces contaminants, les teneurs intérieures sont généralement inférieures aux teneurs extérieures, ou s'en approchent tout au plus.

Le radon-222, polluant naturel, est un gaz radioactif qui se désintègre en espèces radioactives non gazeuses qui peuvent être absorbées par les matières particulaires en suspension et ainsi se déposer dans les poumons. Le sol sous-jacent, l'eau de puits, et le gaz naturel peuvent être d'importantes sources de radon dans les bâtiments.

### 1.2.2 Sources intérieures

Les polluants en suspension dans l'air produits à l'intérieur appartiennent à une des trois catégories suivantes:

- ceux qui sont formés par des processus de combustion (chauffage et cuisson);
- ceux qui proviennent des matériaux de construction et des meubles;
- ceux qui sont liés à l'activité ou à la présence des hommes.

Les teneurs en contaminants de la première et de la dernière catégories ont tendance à varier avec le temps, alors que celles de la deuxième sont vraisemblablement plus constantes, à condition que le taux de renouvellement de l'air demeure constant.

(a) *Processus de combustion.* Les chaudières et autres appareils à combustion peuvent constituer des sources de polluants intérieurs, notamment de monoxyde de carbone, principalement lorsqu'ils sont mal ventilés ou qu'ils ne sont pas entretenus régulièrement. Étant donné que la combustion dans les poêles à bois est beaucoup moins complète que dans des chaudières à l'huile et au gaz, les émissions de polluants y sont plus importantes. Bien que les sous-produits doivent être expulsés à l'extérieur, des fuites et un fonctionnement inadéquat de ces appareils peuvent produire des émissions à l'intérieur. Les contaminants produits par les poêles à bois et les foyers comprennent, entre autres, le monoxyde de carbone, des oxydes d'azote et de soufre, des aldéhydes et des hydrocarbures aromatiques cycliques.

Les cuisinières à gaz sont une source importante possible de sous-produits de combustion. Les émissions du four et de la veilleuse ne sont pas toujours rejetées à l'extérieur et peuvent accroître les teneurs intérieures en monoxyde de carbone, en oxydes d'azote et en formaldéhyde.

Les radiateurs au kérosène sont de plus en plus utilisés pour le chauffage ambiant. Étant donné que ces systèmes de chauffage sont rarement raccordés à une cheminée, il y a de nouveau un risque de teneur élevée en contaminants. L'utilisation inadéquate de kérosène à teneur élevée en soufre et d'appareils mal conçus pourrait entraîner une émission d'oxydes de soufre, ainsi que de certains des sous-produits de combustion susmentionnés.

(b) *Matériaux de construction et meubles.* Les polymères synthétiques utilisés dans les meubles et les matériaux décoratifs peuvent se détériorer lentement, libérant de petites quantités des constituants originaux ou de sous-produits de réaction. Les rideaux, les tapis et les tissus, faits en majorité de fibres artificielles, sont des sources d'une grande variété de contaminants organiques et potentiellement microbiologiques.

Du formaldéhyde est libéré des contreplaqués et des panneaux de particules dans lesquels on a utilisé des résines contenant du formaldéhyde. L'isolant de mousse d'urée formaldéhyde est une importante source de formaldéhyde et probablement d'autres produits gazeux.

Des matières fibreuses comme l'amiante et la fibre de verre se trouvent dans certains matériaux de construction, et peuvent être libérées à l'intérieur, surtout lorsque ces produits sont perturbés au cours de modifications ou de rénovations d'édifices.

(c) *Activités humaines*. Il existe une très grande variété de contaminants produits par les activités humaines.

La fumée de tabac constitue une importante source de pollution de l'air intérieur. Les fumeurs ne sont pas les seuls exposés à la *fumée*, les autres personnes présentes dans la pièce sont involontairement exposées à des quantités considérables de particules respirables, de monoxyde de carbone et d'oxydes d'azote, ainsi qu'à de nombreux contaminants organiques nocifs. Plus de 50 composants de la fumée de tabac sont reconnus comme ayant des effets néfastes pour la santé, dont 12 sont des agents carcinogènes reconnus ou présumés.

Le métabolisme humain influe lui-même sur la qualité de l'air en réduisant la concentration d'oxygène et en augmentant la teneur en dioxyde de carbone. La respiration, la transpiration et la préparation des aliments ajoutent de la vapeur d'eau et des substances odorantes à l'atmosphère intérieure. Il peut y avoir une grande variété d'agents biologiques dans une maison, par exemple, les micro-organismes des occupants, des animaux domestiques et des insectes; des proliférations microbiennes sur les surfaces humides ou dans de l'eau stagnante. Des pollens, des spores, des débris de cellules et des insectes sont présents dans la poussière provenant à la fois de l'intérieur et de l'extérieur.

Les assainisseurs d'air, les cires pour les meubles, les polis, les nettoyeurs, les peintures, les pesticides, les protecteurs pour tissus, les désodorisants et autres produits fréquemment utilisés dans une maison sont des sources de divers produits chimiques inorganiques et organiques. De nombreuses substances que l'on trouve en milieu de travail peuvent également se trouver dans une maison lorsqu'on s'adonne à un hobby ou que l'on fait du bricolage. De plus, les travailleurs exposés à des produits chimiques dans leur milieu de travail apportent ces contaminants à la maison, dans leurs vêtements. Dans certains cas, cela peut constituer une source particulièrement importante de matières particulaires potentiellement nocives dans l'air intérieur.

# 2.0 But et portée

## 2.1 Objectifs

En général, une personne peut être à la maison jusqu'à 70 p. 100 du temps, et dans le cas de certaines personnes (les jeunes enfants, les vieillards et les infirmes), ce pourcentage peut être encore plus élevé. Le groupe de travail a jugé prudent, lors de l'élaboration de recommandations pour l'intérieur, de présumer que certains segments de la population vivent continuellement à l'intérieur. De plus, certaines personnes peuvent être sujettes à un risque spécial dû à la pollution de l'air intérieur. Il s'agit de personnes dont les processus physiologiques sont soit en voie de développement, soit en voie de détérioration, ou encore celles que des changements pathologiques ou physiologiques empêchent de résister aux effets nocifs de l'exposition à un polluant. Le premier objectif est donc:

**d'élaborer des directives pour des concentrations de contaminants connus de *l'air intérieur des maisons* en tenant compte de facteurs comme la sensibilité de certains groupes à un risque spécial, ainsi que des sources et des mécanismes d'action des contaminants.**

Ces directives n'assurent probablement pas une protection complète pour la partie hypersensible de la population qui nécessite des mesures extraordinaires.

La nécessité de définir des taux d'aération des pièces d'une maison conformes aux directives sur la qualité de l'air a également été envisagée, mais elle a été considérée comme hors du domaine de compétence du groupe de travail. De plus, prescrire des exigences en matière de ventilation ne constitue qu'une des nombreuses stratégies qui pourrait être adoptée pour la lutte contre les contaminants en suspension dans l'air des maisons. On peut également élaborer des normes pour la conception des maisons et les matériaux de construction, ainsi que celle des biens de consommation. Dans bien des cas, des mesures ayant pour but de minimiser l'exposition aux contaminants chimiques peuvent être prises par les occupants de la maison. L'éducation du public est une stratégie importante pour atteindre une qualité acceptable de l'air intérieur; le groupe de travail a donc défini son deuxième objectif comme suit:

**élaborer, lorsque c'est possible, d'autres directives ou recommandations pour des mesures visant à préserver ou à améliorer la qualité de l'air dans les maisons.**

## 2.2 Définitions de la qualité de l'air intérieur

Le principe directeur est le suivant: l'air à l'intérieur des maisons privées doit être suffisamment exempt de contaminants biologiques, physiques et chimiques pour assurer qu'il n'y a aucun danger, même négligeable, pour la santé et la sécurité des occupants.

Après examen des données disponibles, 17 substances ou groupes de substances, et une substance radioactive, ont été choisies en vue d'une étude approfondie en raison de leurs effets néfastes possibles à la santé et de leur présence possible à l'intérieur des maisons. Des directives exprimées en fonction de leur plage de concentrations ont donc été élaborées pour neuf d'entre elles. Dans le cas des autres substances, de telles directives n'ont pas été élaborées soit parce que les données de base étaient insuffisantes, soit parce que les limites d'exposition pour les humains étaient considérées comme inadéquates; cependant, toutes les fois que la chose est possible, le présent document fait des recommandations sur les mesures qui peuvent être prises pour diminuer l'exposition aux contaminants à l'intérieur des maisons.

Ces directives valent pour deux catégories de contaminants:

- ceux pour lesquels des recommandations ont été faites quant aux concentrations acceptables;
- ceux pour lesquels des recommandations précisent des mesures pratiques à prendre pour réduire l'exposition.

La Partie A de la Section 4 de ce document traite des contaminants pour lesquels des limites d'exposition ont pu être élaborées en fonction de considérations sanitaires (voir section 3.2.1). Ces limites ont été précisées pour les substances suivantes:

- aldéhydes (totaux);
- dioxyde de carbone;
- monoxyde de carbone;
- dioxyde d'azote;
- ozone;
- matières particulaires;
- dioxyde de soufre;
- vapeur d'eau.

Les effets néfastes possibles des expositions à long terme ainsi que d'expositions à court terme mais à des teneurs élevées ont tous été envisagés. Deux genres de limites d'exposition sont présentées:

**La plage d'exposition acceptable à long terme (ALTER) est définie comme la plage de concentrations à laquelle, d'après la documentation existante, une personne peut être exposée continuellement tout au long de sa vie sans risque pour sa santé.**

**La plage d'exposition acceptable à court terme (ASTER) est définie comme la plage de concentrations à laquelle, selon la documentation existante, une personne peut être exposée pendant un temps donné sans risque pour sa santé.**

Un point important à prendre en compte lors du calcul de la plage d'exposition acceptable est la possibilité d'effets interactifs étant donné qu'un grand nombre de contaminants sont probablement présents en même temps dans le milieu ambiant. Toutes les fois que c'était possible, on a tenu compte des effets synergiques et additifs. Cependant, dans la plupart des cas, les données étaient insuffisantes ou inadéquates pour résoudre complètement cette question.

La partie B de la Section 4 contient des recommandations pour les expositions à long terme au formaldéhyde et au radon, basées sur l'hypothèse les considérant comme des agents carcinogènes potentiels pour l'homme. Dans le cas du formaldéhyde, les directives n'ont pas été formulées à partir de considérations sanitaires; on a plutôt établi des normes aussi basses que possible en tenant compte des coûts et de la possibilité technique de s'y conformer, ainsi que des risques sanitaires associés. Le risque imputable à l'exposition au radon dans les maisons fait toujours l'objet de recherches. Dans le présent rapport, on a adopté une position prudente et établi une directive pour le radon qui recommande une intervention à un niveau au dessus duquel le risque pour la santé est considéré comme important. Cette recommandation précise également que, comme tout niveau d'exposition au radon constitue un risque, les propriétaires pourraient souhaiter réduire l'exposition dans toute la mesure du possible (voir section 3.2.2).

La Partie C de la Section 4 du présent document porte sur les contaminants pour lesquels on a considéré qu'il était inadéquat ou impossible de formuler des plages d'exposition acceptables. Ces substances sont:

- les agents biologiques;
- les hydrocarbures chlorés;
- les matières fibreuses;
- le plomb;
- les pesticides;
- les hydrocarbures aromatiques polycycliques;
- les aérosols;
- la fumée de tabac.

Des recommandations ont été faites pour réduire ou éliminer l'exposition à ces substances dans les maisons.

La documentation disponible a été étudiée d'une façon très critique au cours de l'élaboration des recommandations faites pour ces 18 substances ou groupes de substances. Les critères et la justification sur lesquels sont basées les présentes directives sont présentés brièvement dans ce document. On peut obtenir une description plus détaillée des critères scientifiques et de la documentation auprès de la Direction de l'hygiène du milieu, Santé et Bien-être social Canada.

Il est certain que ces listes ne représentent pas la gamme complète des composés trouvés à l'intérieur des maisons. Des directives plus précises sur l'exposition à des contaminants ou groupes de contaminants additionnels seront élaborées, et les directives actuelles seront revues, au fur et à mesure que des nouvelles données seront disponibles.

## 2.3 «Indicateurs» généraux de la qualité de l'air intérieur

### 2.3.1 Dioxyde de carbone

De plus en plus, les plaintes faites par les occupants de certains gros édifices sont liées à une piètre qualité de l'air intérieur. La fréquence de certaines de ces plaintes (maux de tête, fatigue, odeurs déplaisantes, manque d'air et chaleur excessive) a été associée à des teneurs élevées en dioxyde de carbone. On a donc songé à établir une plage de concentrations de dioxyde de carbone correspondant à une qualité d'air acceptable du point de vue du confort et de l'esthétique.

Le dioxyde de carbone est produit par la respiration humaine et sa concentration ne peut être réduite de façon significative que par ventilation. La concentration de dioxyde de carbone dans l'air intérieur dépend donc du débit de ventilation. Le degré de ventilation nécessaire pour maintenir une faible teneur en dioxyde de carbone à l'intérieur des édifices permet également de réduire les concentrations d'autres polluants intérieurs et d'améliorer la qualité générale de l'air à l'intérieur. Le dioxyde de carbone est un indicateur utile de la qualité générale de l'air seulement dans les édifices où il y a d'importantes sources de dioxyde de carbone produit par métabolisme ou par combustion. Ailleurs, comme dans les grandes maisons où il n'y a qu'un ou deux occupants et où il n'y a aucun appareil de combustion non lié à une cheminée, les teneurs en dioxyde de carbone sont faibles, quel que soit le débit de ventilation.

On a tendance, depuis quelques années, à réduire la ventilation à l'intérieur des maisons afin de diminuer la consommation d'énergie par le chauffage et la climatisation de l'air, ce qui entraîne une augmentation des teneurs en dioxyde de carbone à l'intérieur des maisons et une dégradation générale de la qualité de l'air intérieur.

Dans plusieurs études, les facteurs de confort ont été corrélés aux concentrations de dioxyde de carbone. Ensemble, ces études indiquent que des concentrations de dioxyde de carbone supérieures à 1800 mg/m$^3$ (1000 ppm) prouvent que l'approvisionnement en air frais est inadéquat, bien que des plaintes aient été formulées à des concentrations aussi faibles que 1100 mg/m$^3$ (600 ppm). Cependant, sur la base d'une étude des effets physiologiques directs d'une exposition au dioxyde de carbone, par opposition aux symptômes subjectifs, on recommande une concentration d'exposition maximale plus élevée (voir section 4.A.2).

Il faut cependant remarquer que ces études ont été faites dans des immeubles équipés de systèmes de ventilation mécanique et dont le taux d'occupation est bien différent de celui des maisons privées. De plus, les effets observés ne sont probablement pas attribuables à la présence de concentrations élevées de dioxyde de carbone, mais plutôt à des concentrations indésirables d'autres substances qui proviennent d'une ventilation inadéquate et pour lesquelles le dioxyde de carbone constitue un paramètre indicateur

approprié. **Il faut donc être très prudent lorsque l'on interprète les concentrations de dioxyde de carbone comme indicateur général de la qualité de l'air dans les domiciles.**

### 2.3.2 Vapeur d'eau

On a aussi considéré l'humidité relative comme un indicateur de la qualité de l'air intérieur. On a conçu des échangeurs de chaleur air-air, à mise en marche et arrêt automatiques à des valeurs définies d'humidité relative, pour faire pénétrer de l'air de l'extérieur. Il est fort possible que le contrôle par des échangeurs de chaleur de cette nature des polluants de l'air intérieur autres qu'un excès de vapeur d'eau soit inadéquat pour les raisons suivantes:

- dans une grande maison comptant peu d'occupants, la teneur en humidité relative peut ne pas s'élever suffisamment pour enclencher le système de renouvellement de l'air, bien que d'autres polluants puissent être présents à des teneurs inacceptables;
- les changements dans le taux d'occupation au cours d'une même journée influent sur le débit de production de vapeur d'eau, alors que d'autres polluants peuvent être émis continuellement;
- la variation de l'humidité relative intérieure selon la région et la saison nécessitent des réglages différents pour chaque endroit et chaque saison.

L'humidité relative ne constitue donc pas un indicateur général approprié de la qualité de l'air intérieur dans les résidences.

# 3.0 Élaboration de directives et de recommandations

## 3.1 Base de données pour l'élaboration de directives en matière d'exposition

Étant donné que la recherche sur les effets sur la santé de la qualité de l'air à l'intérieur des maisons n'en est qu'à ses débuts, il y a un manque d'informations fiables sur les effets sur la santé causés par une exposition à de faibles teneurs et à des mélanges de contaminants que l'on peut trouver dans les maisons. Le groupe de travail s'en est remis dans la plupart des cas aux résultats d'expériences en laboratoire sur des animaux, d'études cliniques sur des volontaires et des enquêtes épidémiologiques sur la pollution de l'air en milieu urbain et en milieu de travail. Les résultats d'études épidémiologiques et cliniques sont les plus appropriés pour établir des teneurs acceptables d'exposition des humains aux polluants atmosphériques. Néanmoins, l'application de chacun de ces types d'études nécessite un certain nombre d'hypothèses et donc d'incertitudes dans les rapports dose-réponse qui en dérivent.

### 3.1.1 Études épidémiologiques

La plupart des études épidémiologiques pertinentes des populations ont été faites par observation et non par expérimentation, c'est-à-dire que la répartition des personnes dans les groupes d'études établis en fonction de l'exposition échappent au contrôle du chercheur. Ces études d'observation peuvent de plus être considérées comme des études descriptives, (transversales) ou analytiques, c'est-à-dire en cohorte ou de cas. Dans les études par cohorte, l'exposition et les résultats sont vérifiés avec le temps; ainsi, la qualité des démonstrations faites d'après des études longitudinales est généralement considérée comme supérieure à celle des études transversales, dans lesquelles les populations sont vérifiées à un certain moment donné dans le temps. Les résultats de toutes les études d'observation doivent cependant tous être évalués par rapport aux caractéristiques qui suivent.

(a) *Estimation des expositions.* Dans la plupart des études par observation faites jusqu'à présent, les données sur la pollution sont généralement obtenues à partir d'une ou plusieurs stations de vérification extérieure. Cependant, l'exposition peut varier grandement chez des personnes qui vivent dans un même quartier en raison de conditions climatiques locales et de caractéristiques spéciales du milieu intérieur. Par exemple, dans le cas des polluants qui sont produits principalement à l'extérieur (oxydants, dioxyde de soufre), les concentrations intérieures seront moindres que les concentrations extérieures; cependant, les teneurs intérieures (dues à des sources intérieures) peuvent présenter des pics temporaires supérieurs avec des effets connexes sur la santé. L'exposition à certains polluants (dioxyde d'azote, monoxyde de carbone) n'est pas bien représentée dans les mesures de l'air ambiant lorsqu'il existe d'importantes sources intérieures de ces polluants. Ce n'est qu'au cours d'études très récentes que des chercheurs ont essayé d'évaluer l'exposition en tenant compte de ces facteurs.

(b) *Rôle des variables facteurs de confusion.* Dans les études par observation de populations exposées aux polluants de l'air, de nombreuses variables facteur de confusion comme la condition socio-économique, l'usage du tabac, l'exposition en milieu de travail, les facteurs météorologiques, dont un grand nombre ont un plus grand effet que la pollution de l'air, doivent être pris en considération.

(c) *Mesure des résultats.* Il y a une grande variation dans la méthode de mesure de nombreux indicateurs de l'état sanitaire dans les études faites jusqu'à présent, notamment la fonction pulmonaire, les admissions à l'hôpital et la fréquence des symptômes. Dans bien des études, les résultats sont obtenus par questionnaires, et les réponses peuvent être biaisées par la façon dont ces questions sont posées et les conditions dans lesquelles elles sont posées.

Même lorsque l'étude est bien conçue, l'interprétation des résultats est compliquée. Par exemple, il est souvent difficile d'attribuer les effets observés chez les populations exposées à la pollution de l'air à un seul contaminant. Il est possible que les contaminants étudiés servent d'indicateurs ou de substituts pour un autre contaminant ou groupe de contaminants. Par ailleurs, étant donné que les expositions ne sont pas sujettes au contrôle du chercheur, il est difficile de déterminer si la concentration moyenne ou de point, la variabilité ou quelque autre aspect de la pollution de l'air est le facteur le plus déterminant des effets sur la santé.

En résumé, les études épidémiologiques considérées comme les plus pertinentes pour l'élaboration de directives comportent les caractéristiques suivantes:

- étude longitudinale;
- contrôle adéquat des facteurs de confusion appropriés;
- un certain effort pour prendre en considération les variations individuelles au cours de l'exposition (p. ex., la superficie de la maison, l'utilisation de cuisinières à gaz).

Les études épidémiologiques des effets chez la population en général sont considérées comme étant les plus appropriées. Des études de personnes exposées aux polluants en suspension dans l'air peuvent ne pas refléter les problèmes que connaît la population en général étant donné qu'elles ne tiennent pas compte des jeunes, des personnes âgées et des groupes à risque élevé. De plus, les périodes d'exposition et les mélanges de polluants y sont différents de ceux trouvés dans les maisons.

### 3.1.2 Études cliniques

Bien que ce ne soit pas toujours le cas, les études cliniques sont généralement faites en milieu contrôlé dans des laboratoires. Ces études fournissent probablement les données les plus fiables pour établir des rapports exposition-réponse à la base des normes sur la qualité de l'air. Cependant, les études cliniques se limitent pour des raisons éthiques à l'examen d'effets bénins temporaires d'exposition à court terme chez un nombre limité de sujets. Ces études sont donc plus appropriées pour l'élaboration des limites d'exposition à court terme.

Une bonne étude clinique doit contrôler les variables étrangères et les erreurs expérimentales. La plupart des études cliniques utilisent donc un groupe témoin afin de répondre à cette nécessité. La comparaison avec ce groupe donne donc une bonne indication des effets que les conditions expérimentales exercent sur les personnes exposées. L'introduction d'un tel groupe est très importante si l'on souhaite déterminer l'effet de l'intervention expérimentale.

Afin de réduire davantage les erreurs expérimentales au cours des études cliniques, la répartition des sujets dans les groupes expérimentaux et témoins doit se faire au hasard, c'est-à-dire que tous les sujets doivent avoir une chance égale d'être assignés à un groupe ou à l'autre. Ainsi, l'étude aura une bonne chance d'obtenir des groupes comparables et ainsi les caractéristiques mesurées et inconnues des sujets au moment de la répartition des groupes seront, en moyenne, distribuées de façon uniforme entre les deux groupes. Par ailleurs, étant donné que la plupart des méthodes statistiques sont basées sur des répartitions normales, la répartition au hasard est nécessaire afin de répondre aux hypothèses de la méthode de statistique.

Afin de réduire les erreurs expérimentales au minimum, certaines études utilisent des méthodes selon lesquelles les sujets, et quelquefois même les chercheurs, ne sont pas au courant des interventions assignées à un sujet. L'avantage de ces méthodes aveugles réside dans le fait que la possibilité que les sujets ou les chercheurs favorisent certains résultats basés sur l'état du groupe est réduite.

Ce n'est qu'en utilisant ces méthodes «aveugles» qu'un chercheur peut être raisonnablement assuré d'éviter, autant que possible, les variables étrangères et les erreurs expérimentales. Cependant, il est quelquefois impossible d'utiliser ce genre de méthode pour des raisons pratiques. Si par exemple des chercheurs font des essais sur les effets toxiques de l'ozone et que des sujets et des chercheurs peuvent déceler le genre de traitement par la senteur de l'ozone, il est alors impossible de chercher à faire une étude aveugle. De nombreuses études cliniques des polluants en suspension dans l'air sont limitées de cette façon.

### 3.1.3 Études animales

Bien que de nombreuses études aient porté sur l'effet des polluants atmosphériques sur les espèces animales, les concentrations d'exposition étaient en général beaucoup plus importantes que celles de l'air ambiant. De plus, l'extrapolation des résultats est compliquée par les différences anatomiques distinctes qui existent entre les voies respiratoires des animaux et celles de l'homme. Par ailleurs, les études se limitent souvent à des concentrations exceptionnellement élevées d'au plus deux polluants plutôt qu'à de faibles concentrations de mélanges de substances que l'on trouve généralement dans les maisons. Cependant, les résultats de ces études sont utiles dans l'identification des organes et des systèmes cibles, dans la clarification des mécanismes de toxicité et dans l'évaluation de la carcinogénécité.

La fiabilité des essais biologiques de carcinogenèse faits sur des espèces animales sont évalués en fonction de plusieurs caractéristiques de la méthode utilisée et des résultats de l'étude, notamment l'échelle de l'expérience (c.-à-d. le nombre d'animaux exposés et d'animaux témoins); l'influence de facteurs environnementaux (p. ex., le régime alimentaire): le cheminement de l'agent et la méthode d'exposition; les doses administrées; l'espèce, la souche et le sexe des animaux; le type, l'endroit, la fréquence et la durée du développement des tumeurs ainsi que la nature du rapport exposition-réponse. Des informations sur la cinétique, le métabolisme et le mécanisme d'action, ainsi que le résultat d'études épidémiologiques chez l'homme, sont également prises en considération lors de l'évaluation de la pertinence des essais biologiques de carcinogenèse chez l'homme.

## 3.2 Méthode utilisée pour l'élaboration des directives en matière d'exposition

Il est essentiel d'établir une relation quantitative entre un polluant donné et ses effets afin d'élaborer des directives précises et justifiées en matière d'exposition. Les termes «exposition-réponse» et «exposition-effet» dénotent justement ce rapport quantitatif. Ces rapports quantitatifs sont difficiles à établir avec précision chez les humains en raison de considérations d'éthique. Néanmoins, les études cliniques et épidémiologiques combinées aux études animales en laboratoire peuvent fournir une quantité substantielle de données quantitatives sur les effets d'une exposition à un polluant donné.

### 3.2.1 Contaminants non carcinogènes

Les organismes de réglementation ont toujours cherché à établir un degré d'exposition sous lequel il n'y a aucun effet néfaste apparent. Cette valeur appelée «teneur seuil» ressemble beaucoup à la teneur inférieure à laquelle les effets minimaux ou réversibles peuvent être observés, soit «la teneur minimale des effets néfastes observables» (TMENO). Un facteur de sécurité peut être incorporé dans le calcul d'une norme ou d'une directive réglementaire, selon le nombre et la qualité des études à la base de la TMENO. Cette méthode a été utilisée dans l'élaboration de directives pour un certain nombre de polluants de l'air intérieur faisant l'objet de ce document.

L'importance du facteur de sécurité dépend dans une grande mesure des trois conditions suivantes: si les données disponibles se rapportent à des humains plutôt qu'à des animaux, si les études ont été faites directement sur les segments de la population vraisemblablement exposés au risque le plus élevé, et la qualité des études mêmes. En fin de compte, le choix est basé sur le

consensus d'experts, mais il n'a aucune base scientifique justifiable au sens strict.

Étant donné l'incertitude entourant les données obtenues dans des études d'observation, l'Organisation mondiale de la Santé a utilisé un facteur de sécurité de 2 pour ses directives sur l'exposition quotidienne et annuelle aux polluants de l'air; cette valeur a été adoptée lors de l'élaboration de certaines directives précisées dans le présent document.

Dans les cas où il y a suffisamment de données provenant d'études cliniques fiables de changements passagers chez des groupes à risque (par exemple, dans la fonction pulmonaire des asthmatiques à l'exercice), aucun facteur de sécurité n'a été incorporé lors de l'élaboration des directives d'exposition à court terme.

Étant donné la grande variation de la sensibilité individuelle aux irritants, et notamment aux aldéhydes, des directives sur l'exposition à court terme ont été calculées en appliquant un facteur de 5 à la valeur minimale causant une augmentation significative des symptômes d'irritation.

Il a été proposé que des limites d'hygiène en milieu de travail soient adaptées pour l'intérieur en appliquant un facteur de sécurité de façon à tenir compte des différences comme les durées d'exposition, les mélanges de polluants et la sensibilité de la population. Selon le groupe de travail, cette méthode ne peut cependant se justifier scientifiquement sans une connaissance approfondie de la base scientifique des limites en milieu de travail.

### 3.2.2 Substances carcinogènes

On croit qu'il ne peut y avoir aucune teneur limite acceptable pour les substances carcinogènes. Dans ces cas, tous les degrés d'exposition sont dangereux, bien qu'à des concentrations très faibles, et les risques pour la santé soient si minimes qu'ils sont indécelables. Dans le cas de la plupart des substances carcinogènes, le calcul des limites d'exposition acceptables à l'aide de teneurs minimales des effets néfastes observables (TMENO) et de facteurs de sécurité obtenus expérimentalement semble inapproprié.

L'idéal serait d'éviter toute exposition aux substances carcinogènes connues ou présumées. Cependant, il est parfois impossible d'éliminer certains agents carcinogènes de l'environnement. Les teneurs maximales des plages d'exposition indiquées dans le présent document pour le formaldéhyde, substance carcinogène présumée, et le radon, substance carcinogène connue, sont les teneurs minimales atteignables pour lesquelles il n'y a aucun risque déraisonnable pour la santé publique.

Afin de vérifier le niveau de risque ou la probabilité d'une réaction néfaste aux faibles concentrations que l'on peut rencontrer dans l'environnement, diverses méthodes statistiques ont été élaborées pour prévoir la forme de la courbe dose-réponse à des doses inférieures à celles administrées au cours des études expérimentales. La forme de la courbe dose-réponse extrapolée peut influer considérablement sur la valeur des teneurs d'exposition auxquelles il semble y avoir un risque négligeable pour la santé humaine, les estimations variant quelquefois de plusieurs ordres de grandeur selon le modèle mathématique utilisé.

Au cours de l'élaboration de directives sur l'exposition à long terme au formaldéhyde, les méthodes mathématiques utilisées pour calculer le risque de cancer ont été sélectionnées en tenant compte, le plus possible, des données sur les mécanismes de réaction. Il faut néanmoins reconnaître que les risques calculés à de faibles expositions ont probablement été surestimés en raison des hypothèses prudentes à la base des modèles mathématiques.

Les risques de cancer liés à l'exposition à de faibles concentrations de radon ont été calculés à partir d'une extrapolation des données sur la mortalité par cancer observée chez des travailleurs exposés dans l'entreprise à des concentrations aéroportées beaucoup plus fortes. Il faut toutefois admettre que plusieurs sources d'incertitude entrent dans ces calculs, qui ne peuvent servir que de très grossières approximations.

## 3.3 Méthodes de surveillance

Les méthodes de surveillance de la qualité de l'air intérieur n'ont pas encore été normalisées. De nombreuses études ont été faites en combinant des méthodes et des instruments anciens (également utilisés pour surveiller la qualité de l'air ambiant) avec des méthodes et des instruments récents. À l'heure actuelle, la tendance est aux petits instruments portatifs qui peuvent servir à la fois d'indicateurs personnels ou dans des stations pour une zone. Des indicateurs personnels passifs et actifs qui mesurent les teneurs en matières particulaires (filtres) et en gaz (absorbeurs et adsorbeurs) ont été mis au point. Ces nouveaux appareils peuvent être utilisés à l'intérieur étant donné qu'ils sont petits et silencieux. Ils offrent également la possibilité d'évaluer les teneurs en polluants près de la zone d'inhalation de chaque personne, permettant ainsi d'évaluer directement l'exposition de chaque personne.

La surveillance pour assurer le respect des directives en matière d'exposition à court terme ne doit se faire que lorsque les «pires cas possibles» sont prévus et les méthodes de surveillance doivent être conçues de façon à obtenir une évaluation précise de l'exposition réelle de chaque occupant. Il est recommandé de prélever les échantillons au moment et à l'endroit où l'on prévoit les concentrations maximales et d'utiliser les durées moyennes prescrites pour l'ASTER.

Dans le cas des expositions à long terme, il est plus difficile de préciser les méthodes de surveillance appropriées. L'échantillonnage doit se faire sur des périodes suffisamment longues pour tenir compte des fluctuations diurnes, saisonnières ou autres. L'importance et la fréquence des fluctuations peuvent varier considérablement d'un contaminant à l'autre et en fonction du type d'habitation, de l'emplacement et de l'activité des occupants. Dans bien des cas, les moyennes annuelles ont servi de base pour le calcul des normes de qualité de l'air à long terme. Il arrive souvent que les moyennes annuelles soient basées sur un échantillonnage aléatoire de données moyennes de 24 heures. Les moyennes mensuelles ou hebdomadaires sont généralement établies à l'aide des moyennes quotidiennes, bien que les

indicateurs passifs actuellement sur le marché permettent des périodes de prélèvement de 7 à 90 jours.

Il est recommandé d'utiliser une période d'échantillonnage de 24 heures et de prélever les échantillons au moment où l'on prévoit les concentrations maximales. Lorsque les concentrations dépassent la plage d'exposition à long terme prescrite, d'autres échantillons doivent être prélevés pour savoir si les teneurs resteront élevées ou s'il y aura des fluctuations abaissant la concentration annuelle moyenne dans les limites des valeurs indiquées dans les directives.

Lorsque les teneurs en contaminant dépassent les limites de toute plage d'exposition recommandée, la cause du problème doit être identifiée. Il faut alors prendre les mesures qui s'imposent ou demander conseil auprès des autorités médicales.

# 4.0 Directives et recommandations

## Partie A. Substances assujetties à des directives d'exposition – effets non carcinogènes

### 4.A.1 Aldéhydes*

**Dans les cas où plus d'un aldéhyde est décelé dans l'air intérieur, la somme de $\frac{c_1}{C_1}+\frac{c_2}{C_2}+\frac{c_3}{C_3}$ ne devrait pas dépasser 1, où $c_1$, $c_2$ et $c_3$ sont respectivement des concentrations de formaldéhyde, d'acroléine et d'acétaldéhyde mesurées pendant cinq minutes et $C_1$, $C_2$ et $C_3$ sont:**

**$C_1$ (formaldéhyde) – 120 µg/m³ (0,10 ppm);**
**$C_2$ (acroléine) – 50 µg/m³ (0,02 ppm);**
**$C_3$ (acétaldéhyde) – 9000 µg/m³ (5,0 ppm).**

Les concentrations d'aldéhyde dans l'air intérieur sont généralement supérieures à celles de l'extérieur. Les principales sources sont les cuisinières à gaz, les radiateurs au kérosène et la fumée de tabac. On ne connaît pas encore l'identité de tous les aldéhydes produits au cours de la combustion incomplète des combustibles organiques, mais des mesures à l'intérieur des maisons ont indiqué que le formaldéhyde, l'acétaldéhyde et l'acroléine sont les principaux aldéhydes présents.

Les concentrations d'acroléine dans l'air intérieur varient de 2 à 50 µg/m³ (0,001 à 0,02 ppm); des données limitées indiquent que les teneurs en acétaldéhyde sont en moyenne d'environ 17 µg/m³ et varient de 1 à 48 µg/m³.

Le principal effet des aldéhydes atmosphériques sur la santé est l'irritation des yeux, du nez et de la gorge. Dans le cadre d'études cliniques récentes, on a relevé une augmentation significative des symptômes d'irritation suite à une exposition à des teneurs en formaldéhyde supérieures à 1200 µg/m³ (1 ppm) (périodes d'exposition de 1,5 à 30 minutes).

Les données découlant d'études d'observation des populations exposées au formaldéhyde en milieu de travail, dans des édifices publics ou des maisons privées, sont moins fiables à cause des limites des études effectuées jusqu'à maintenant. Dans le cas des meilleures études, les symptômes d'irritation n'ont pas été associées à une exposition à des teneurs inférieures à 600 µg/m³ (0,5 ppm).

On dispose de peu de données fiables sur les teneurs des autres aldéhydes qui provoquent des symptômes. L'acroléine est l'un des aldéhydes les plus irritants identifiés dans l'air intérieur, la plupart des personnes signalant une irritation des yeux à des teneurs inférieures à 1 mg/m³. Une augmentation significative des symptômes d'irritation des yeux a été associée à une exposition à des teneurs d'à peine 210 µg/m³ (0,09 ppm); cependant, cette même étude indique une teneur de 800 µg/m³ ne provoquant qu'une faible irritation des yeux. Une grave irritation est produite par une exposition à des teneurs de 1900 µg/m³ (0,8 ppm). Aucun effet chronique n'a été signalé suite à une exposition à l'acroléine et il n'y a aucune preuve de carcinogénécité dans les essais biologiques à long terme faits sur des animaux en laboratoire.

L'acétaldéhyde est beaucoup moins irritant que l'acroléine; les symptômes d'irritation ont été associés seulement à l'exposition à des teneurs supérieures à 46 mg/m³ (25 ppm). Dans un essai biologique à long terme fait sur des rats, d'importantes augmentations de la fréquence d'adénocarcinomes nasaux et d'épithéliomas malpighies de la peau ont été observées après inhalation d'acétaldéhyde; cependant, les doses administrées (1400, 2700 et 5400 mg/m³; 750, 1500 et 3000 ppm) et les taux de mortalité ont été extrêmement élevés au cours de cette étude. De plus, les données disponibles dans un rapport publié dans cette étude étaient insuffisantes pour permettre une évaluation quantitative significative du risque.

Les valeurs recommandées de $C_1$, $C_2$ et $C_3$ sont de cinq à dix fois inférieures aux concentrations à l'origine des augmentations importantes des symptômes d'irritation. Les concentrations correspondant aux données ci-dessus doivent être suffisamment faibles pour minimiser les effets irritants additifs des aldéhydes particuliers chez la population en général.

*Voir également section 4.B.1. «Formaldéhyde».

### 4.A.2 Dioxyde de carbone

**D'après des considérations d'ordre sanitaire, la plage d'exposition acceptable à long terme (ALTER) du dioxyde de carbone dans l'air intérieur des maisons est inférieure ou égale à 6300 µg/m³ (inférieure ou égale à 3500 ppm).**

Le dioxyde de carbone est un gaz incolore, inodore et inflammable produit par les processus métaboliques et la combustion de combustibles fossiles. Sa concentration moyenne dans l'atmosphère est d'environ 620 mg/m³ (≈340 ppm), mais ses teneurs varient considérablement selon le temps et l'endroit. Les concentrations ont tendance à être plus élevées à l'intérieur qu'à l'extérieur. Les cuisinières à gaz et les radiateurs au kérosène non branchés à une cheminée sont les principales sources de $CO_2$ à l'intérieur, mais dans les pièces mal aérées, les concentrations peuvent dépasser 5400 mg/m³ (3000 ppm) à cause du seul métabolisme humain.

Une augmentation de la concentration ambiante de dioxyde de carbone entraîne une augmentation de l'acidité dans le sang ainsi que de la fréquence et de l'amplitude respiratoires. Après une

exposition de plusieurs jours, la régulation des teneurs en dioxyde de carbone du sang se fait par les reins et le métabolisme du calcium des os. Ce dernier processus cause une certaine déminéralisation des os. Une exposition à des concentrations de 27 000 mg/m$^3$ (15 000 ppm) et plus pendant plusieurs jours a entraîné des changements réversibles dans la membrane pulmonaire des cobayes. Chez l'homme, des expositions à des concentrations de $CO_2$ de plus de 90 000 mg/m$^3$ (50 000 ppm) ont produit des effets sur le système nerveux central comme des maux de tête, des étourdissements et des distorsions de la vision. On a également observé des effets cardio-vasculaires à des concentrations semblables. Des symptômes subjectifs comme la fatigue, une perception accrue de la chaleur et d'odeurs déplaisantes, ainsi que des maux de tête, ont été associés à des concentrations de dioxyde de carbone de 900 à 5800 mg/m$^3$ (500 à 3200 ppm).

Dans certaines de ces études, les symptômes peuvent avoir été causés par d'autres substances, le dioxyde de carbone étant utilisé comme paramètre substitut pour mesurer la qualité de l'air (voir section 2.3.1).

La plus faible concentration à laquelle on a observé des effets néfastes à la santé chez les humains est de 12 600 mg/m$^3$ (7000 ppm), teneur à laquelle on a observé une acidité accrue dans le sang après une exposition continue de plusieurs semaines. Une exposition à une concentration maximale de 6300 mg/m$^3$ (3500 ppm) devrait fournir une marge de sécurité suffisante pour prévenir des changements indésirables de l'équilibre acide-base et les phénomènes subséquents d'adaptation, notamment la libération de calcium par les os. Cette concentration comporte également une marge de sécurité convenant aux groupes sensibles. À cette concentration, l'effet du dioxyde de carbone en tant que stimulant de la ventilation pulmonaire serait très faible et n'augmenterait donc pas trop la dose absorbée des autres polluants présents dans l'air.

Les changements dans l'équilibre acide-base et la libération de calcium par les os se font en réaction à une exposition chronique au dioxyde de carbone plutôt qu'à la suite de brèves excursions dans de telles concentrations. Ainsi, une plage d'exposition à court terme n'est donc pas nécessaire pour cette substance.

### 4.A.3 Monoxyde de carbone

**Les plages d'exposition acceptables à court terme (ASTER) du monoxyde de carbone dans l'air intérieur des maisons sont:**

**≤ 11 ppm – concentration moyenne de 8 heures;**

**≤ 25 ppm – concentration moyenne d'une heure.**

Le monoxyde de carbone est un gaz incolore, inodore et insipide produit par la combustion de matières carbonées ainsi que par le métabolisme humain. Il se combine avec l'hémoglobine pour former de la carboxyhémoglobine (COHb) qui restreint l'approvisionnement des tissus corporels en oxygène. Les concentrations endogènes de carboxyhémoglobine sont d'environ 0,5 p. 100 de l'hémoglobine totale (notation: 0,5 COHb p. 100).

Parmi les sources de monoxyde de carbone dans l'air intérieur, on peut mentionner les appareils au gaz et à l'huile, la fumée de tabac et l'infiltration d'oxyde de carbone de l'air pollué provenant de l'extérieur. On a mesuré en milieu rural des concentrations de monoxyde de carbone dans l'air extérieur de 0,05 à 0,9 mg/m$^3$ (0,04 à 0,8 ppm) et, en milieu urbain, des concentrations pouvant atteindre 57 mg/m$^3$ (50 ppm); des valeurs de 1,1 à 11 mg/m$^3$ (1 à 10 ppm) sont cependant plus normales. Les concentrations à l'intérieur suivent généralement ce profil, sauf dans les maisons où il y a des appareils à combustion mal reliés ou non liés à une cheminée. On a signalé des concentrations d'oxyde de carbone d'environ 115 mg/m$^3$ (100 ppm) dans la cuisine de certaines maisons, immédiatement après avoir utilisé la cuisinière à gaz pour la cuisson.

On a montré que des expositions à des concentrations de monoxyde de carbone entraînant des concentrations de carboxyhémoglobine d'environ 2,5 à 10 p. 100 ont des effets néfastes sur le système cardio-vasculaire, diminuent la capacité d'exercice et nuisent au rendement psychomoteur. Des concentrations élevées de carboxyhémoglobine chez les femmes qui fument pendant leur grossesse ont été associées au faible poids à la naissance et au retard d'apprentissage de leurs enfants. Certains groupes de personnes sont plus exposés aux effets délétères du monoxyde de carbone, notamment les personnes qui souffrent de maladies cardio-vasculaires, cérébro-vasculaires et vasculaires périphériques, les foetus, les nouveau-nés, les femmes enceintes et les personnes vivant à haute altitude.

Des résultats expérimentaux indiquent qu'en général, ces personnes peuvent tolérer des augmentations de la concentration de carboxyhémoglobine de 1,5 COHb p. 100; les directives sont conçues pour veiller à ce que les augmentations dues au monoxyde de carbone ambiant demeurent inférieures à cette limite. Étant donné que les concentrations de carboxyhémoglobine dépendent des concentrations de monoxyde de carbone et d'oxygène, les concentrations sont exprimées sous forme de rapport (en parties par million par volume) de façon à ce que les directives soient indépendantes de la pression ambiante.

### 4.A.4 Dioxyde d'azote

**Les plages d'exposition acceptables du dioxyde d'azote dans l'air intérieur des maisons sont:**

**ALTER: ≤ 100 µg/m$^3$ (≤ 0,05 ppm);**

**ASTER: ≤ 480 µg/m$^3$ (≤ 0,25 ppm) – concentration moyenne d'une heure.**

Le dioxyde d'azote ($NO_2$) est le seul oxyde de l'azote reconnu comme ayant des effets néfastes à la santé aux concentrations que l'on peut trouver dans l'air intérieur.

Les principales sources extérieures de dioxyde d'azote sont les émissions industrielles et des véhicules. En général, les concentrations de $NO_2$ dans l'atmosphère des villes sont supérieures à celles des campagnes, indiquant l'importante «contribution» des sources technologiques. En Amérique du Nord, les teneurs de base en $NO_2$ en milieu rural sont inférieures à 19 µg/m$^3$ (0,010 ppm). Dans les grands centres urbains, les teneurs en dioxyde d'azote atteignent au moins le double de cette valeur. De 1977 à 1981, les teneurs annuelles moyennes en dioxyde des grands centres urbains du Canada ont baissé de 60 à 44 µg/m$^3$ (0,031 ppm à 0,023 ppm). La moyenne annuelle la plus élevée signalée au Canada

(80 µg/m³; 0,042 ppm) a été mesurée dans un site commercial en 1981.

Les cuisinières à gaz et les appareils à combustion non branchés à un évent sont les principales sources de dioxyde d'azote à l'intérieur des maisons. Le rapport intérieur/extérieur des concentrations de dioxyde d'azote est généralement inférieur à un dans les maisons où il n'y a aucune importante source intérieure, et supérieur à un dans les maisons où il y a une cuisinière à gaz ou d'autres appareils à combustion. Les familles vivant en milieu rural ou dans des endroits où la population est faible, et qui utilisent le gaz pour la cuisson, sont exposées à des teneurs en dioxyde d'azote d'environ 30 µg/m³ (0,015 ppm), bien que l'on ait signalé des concentrations de 100 µg/m³ (0,050 ppm) dans certaines maisons.

L'interprétation des résultats des études épidémiologiques sur les effets néfastes à la santé associés à l'exposition au dioxyde d'azote est difficile en raison du manque de données précises sur l'exposition et de l'effet de facteurs trompeurs comme l'exposition à d's polluants autres que le dioxyde d'azote. En dépit de ces limit: ions, les études épidémiologiques ont fourni certaines donn:es utiles sur les rapports exposition-effets. Dans ces études, on a observé une prédominance accrue des troubles respiratoires chez les adultes et les enfants chroniquement exposés à des teneurs moyennes de près de 200 µg/m³ (0,10 ppm) en dioxyde d'azote.

Les résultats d'études cliniques indiquent que les sujets normaux et les sujets asthmatiques peuvent être victimes d'effets respiratoires néfastes lorsqu'ils sont exposés pendant de courtes périodes à environ 960 µg/m³ (0,5 ppm). Les effets à court terme d'une exposition à des teneurs en dioxyde d'azote inférieures à 960 µg/m³ (0,5 ppm) n'ont été examinés que dans quelques études. Une «teneur ne causant aucun effet néfaste» ne peut être identifiée avec exactitude à partir des résultats de ces études; un facteur de sécurité de deux doit donc être appliqué pour obtenir l'exposition acceptable à court terme recommandée.

### 4.A.5 Ozone (Oxydants)

**La plage d'exposition acceptable à court terme (ASTER) de l'ozone dans l'air intérieur des maisons est ≤ 240 µg/m³ (≤ 0,12 ppm) – concentration moyenne d'une heure.**

L'infiltration de l'air extérieur constitue la principale source d'oxydants dans l'air intérieur. L'ozone, le dioxyde d'azote, le peroxyde d'hydrogène et les peroxyacylnitrates sont des oxydants photochimiques que l'on peut trouver dans l'air intérieur. Le dioxyde d'azote est étudié dans la Section 4.A.4. Des autres oxydants, l'ozone est le plus abondant. Les concentrations d'ozone sont en général bien plus faibles à l'intérieur qu'à l'extérieur, mais peuvent toutefois s'approcher des teneurs extérieures lorsque les fenêtres sont ouvertes. Les concentrations intérieures d'ozone suivent les mêmes fluctuations qu'à l'extérieur, mais avec un retard d'une heure au plus. Les concentrations extérieures annuelles moyennes des centres urbains du Canada étaient de 30 µg/m³ (0,015 ppm) en 1979. Les concentrations d'ozone à l'intérieur sont généralement inférieures à 40 µg/m³ (0,02 ppm) bien que des teneurs de pointe de 200 à 400 µg/m³ (0,1 à 0,2 ppm) aient été signalées. Dans les maisons, l'ozone peut être produit par l'amorçage des moteurs électriques et par des épurateurs électrostatiques d'air mal installés ou mal entretenus.

L'ozone est un irritant qui peut causer de la toux, des douleurs thoraciques et une irritation du nez, de la gorge et de la trachée. L'ozone a des effets néfastes sur les fonctions pulmonaires chez la plupart des sujets en santé à des concentrations de 600 µg/m³ (0,30 ppm) ou plus. De plus, l'ozone a des effets néfastes sur les fonctions pulmonaires de sujets sains poussés à l'effort physique à des concentrations inférieures à 600 µg/m³ (0,30 ppm), pouvant même descendre jusqu'à 240 µg/m³ (0,12 ppm). Ces constatations sont appuyées par les résultats des études épidémiologiques menées à ce jour. Toutefois, les données épidémiologiques existantes sont insuffisantes et ne peuvent donc servir de base dans l'établissement d'une plage d'exposition à long terme acceptable.

Des personnes exposées à des concentrations d'ozone variant de 200 à 800 µg/m³ (0,10 à 0,40 ppm) ont présenté des signes de réaction d'adaptation, du moins pour ce qui est de la fonction pulmonaire. Nous ne savons pas encore si cette adaptation est bénéfique ou non à long terme.

### 4.A.6 Matières particulaires

**Les plages d'exposition acceptables des matières particulaires fines (≤ 2,5 µm diamètre aérodynamique médian de la masse – DAMM) dans l'air intérieur des maisons est:**

**ALTER: ≤ 40 µg/m³;**

**ASTER: ≤ 100 µg/m³ – concentration moyenne d'une heure.**

Les matières particulaires atmosphériques sont un mélange de diverses substances physiques et chimiques présentes sous forme de matières solides ou de gouttelettes en suspension dans l'air dont les dimensions varient d'environ 0,005 m à 100 µm. En ce qui a trait aux effets sur la santé et sur la qualité de l'air intérieur, la plage des dimensions se situe entre 0,1 et 10 µm de diamètre aérodynamique, les particules d'un diamètre inférieur à ces valeurs sont en général exhalées. La plupart des particules d'un diamètre supérieur à 15 µm sont trop grosses pour être inhalées. Presque toutes les particules d'un diamètre entre 10 et 15 µm se déposent dans la région nasopharyngienne des voies respiratoires alors que les effets sur la santé sont principalement associés au dépôt de particules dans les régions thoraciques (trachéo-bronchiale et pulmonaire). Les particules appartenant à cette plage de dimension ont été divisées en deux catégories: les particules grossières d'un diamètre d'environ 2,5 µm et plus, et les particules fines d'un diamètre inférieur à 2,5 µm. Ce sont ces dernières particules qui peuvent atteindre les alvéoles pulmonaires.

Les particules retrouvées à l'intérieur des maisons proviennent à la fois de sources intérieures et extérieures, mais les matières particulaires intérieures diffèrent des matières extérieures à la fois par leurs dimensions et leur composition chimique. À l'intérieur, on retrouve principalement des particules fines étant donné que les sources intérieures comme les appareils à combustion et la cigarette produisent généralement les particules fines et aussi parce que les cloisons de la maison agissent partielle-

ment comme un filtre qui empêche les grosses particules d'entrer. Les matières particulaires intérieures contiennent une plus grande fraction de matières organiques que celles que l'on retrouve dans l'air extérieur, principalement en raison des activités ménagères comme la cuisson, le nettoyage et l'utilisation de produits de consommation.

Les concentrations intérieures de matières particulaires fines ont tendance à être plus élevées que les concentrations extérieures. Les concentrations moyennes de particules fines d'un diamètre inférieur à 3,5 µm (matières particulaires en suspension respirables ou MPSR) varient de 20 à 30 µg/m$^3$. Des concentrations supérieures ont été observées dans des villes «sales» à teneurs élevées, et dans les maisons de fumeurs ou les maisons chauffées au bois. La fumée de tabac semble être la plus importante source intérieure de matières particulaires, et on a observé que la présence de résidents fumeurs élevait les teneurs en particules fines dans les maisons de 12 à 40 µg/m$^3$ par fumeur.

De nombreuses études épidémiologiques indiquent que la santé s'améliore proportionnellement à la diminution des concentrations de matières particulaires en suspension dans l'air. Malgré de nombreuses incertitudes contenues dans ces études, elles fournissent certaines informations utiles sur les teneurs auxquelles on peut s'attendre à des effets néfastes sur la santé. On a observé un taux de mortalité accru, particulièrement chez les personnes âgées et chez celles qui souffraient de troubles respiratoires ou cardiovasculaires, lorsque ces personnes étaient exposées à des concentrations de particules (y compris de particules grossières) supérieures à 500 µg/m$^3$ accompagnées de teneurs élevées en dioxyde de soufre pendant un à quatre jours. On a également remarqué un nombre accru d'admissions dans les hôpitaux et de visites dans les cliniques respiratoires dans le cas de personnes exposées à des teneurs semblables, alors que la fréquence accrue des symptômes et des troubles respiratoires a été observée pour la première fois à des teneurs de l'ordre de 250 à 350 µg/m$^3$ chez les personnes à risque accru étant donné qu'elles souffraient de troubles respiratoires. Chez les enfants, de faibles diminutions dans les mesures de la fonction pulmonaire pouvant durer plusieurs semaines ont également été associées à de courtes expositions à des valeurs voisines de ces teneurs, qui ont été corrélées avec les teneurs extérieures et intérieures en MPSR évaluées à environ 80 µg/m$^3$. Bien qu'elles ne représentent pas nécessairement les conditions habituelles d'exposition, les études cliniques ont également indiqué que les courtes expositions à des concentrations de matières particulaires fines (mesurées à l'état d'acide sulfurique) supérieures à 100 µg/m$^3$ pourraient entraîner une irritation et des altérations de la fonction respiratoire chez les sujets asthmatiques et ralentir le dégagement des bronches chez les personnes normales.

Des expositions chroniques de plusieurs semaines à des teneurs moyennes de particules atmosphériques d'environ 180 µg/m$^3$ de matières particulaires totales en suspension ou de 80 µg/m$^3$ de particules fines (matières particulaires en suspension respirables ou MPSR) semblent correspondre à la fréquence accrue de symptômes respiratoires et de maladies respiratoires chroniques accompagnés d'une réduction de la fonction respiratoire mesurée chez les adultes et les enfants.

### 4.A.7 Dioxyde de soufre

**Les plages d'exposition acceptable du dioxyde de soufre dans l'air intérieur sont:**

**ALTER: ≤ 50 µg/m$^3$ (≤ 0,019 ppm);**

**ASTER: ≤ 1000 µg/m$^3$ (≤ 0,38 ppm) – concentration moyenne de cinq minutes.**

Le dioxyde de soufre est le principal oxyde du soufre que l'on retrouve dans l'air intérieur. Ses concentrations intérieures sont généralement égales à la moitié des concentrations extérieures, principalement en raison du fait que la plupart des sources polluantes sont extérieures et que le dioxyde de soufre est facilement absorbé par le mobilier et les tissus.

L'interprétation des résultats des études épidémiologiques existantes sur les effets néfastes que peut avoir sur la santé une exposition au dioxyde de soufre est compliquée par une rareté de données représentatives sur l'exposition et de facteurs troubles comme l'exposition à d'autres polluants atmosphériques. Ces études ont cependant fourni des données utiles quoique incertaines au sujet du rapport exposition/effet. La mortalité excédentaire surtout chez les personnes âgées et celles qui souffraient de maladies cardio-pulmonaires, a été observée chez les populations exposées à des concentrations de dioxyde de soufre supérieures à 300-400 µg/m$^3$ (0,12 à 0,15 ppm) pendant des périodes de 24 heures. L'augmentation du nombre d'admissions dans les hôpitaux et du nombre de visites dans les salles d'urgence à également été associée à l'exposition à de telles teneurs. La fréquence accrue de symptômes respiratoires aigus et chroniques et de l'affaiblissement de la fonction pulmonaire a été observée chez les adultes et les enfants exposés pendant de longues périodes (au moins un an) à des teneurs moyennes de 100 µg/m$^3$ (0,038 ppm) en dioxyde de soufre.

Des données pertinentes ont également été obtenues à partir d'études cliniques. Cependant, les expositions mesurées dans le cadre de ces études sont courtes et ne représentent pas nécessairement des conditions d'exposition habituelles. Chez les sujets normaux, une résistance accrue au débit des voies aériennes supérieures et du nez ainsi qu'un changement dans le débit mucociliaire ont été observés après une exposition à 2600 µg/m$^3$ (1,0 ppm) de dioxyde de soufre; une augmentation réversible de la résistance spécifique des voies aériennes supérieures a été observée chez les asthmatiques exposés pendant de brèves périodes de respiration naturelle à des concentrations supérieures à 1000 µg/m$^3$ (0,38 ppm).

### 4.A.8 Vapeur d'eau

**Les plages d'exposition acceptables à court terme (ASTER) de la vapeur d'eau dans l'air intérieur des maisons basées sur les considérations sanitaires sont les suivantes:**

**30 à 80 p. 100 d'humidité relative – été;**

**30 à 55 p. 100 d'humidité relative – hiver***

*sauf si elle est retenue par la condensation sur les fenêtres.

En ce qui a trait à la qualité de l'air intérieur, la mesure la plus utile des teneurs en vapeur d'eau est l'humidité relative, qui est le

rapport de la concentration de la vapeur d'eau présente et de la concentration nécessaire pour saturer l'air à cette température. L'humidité intérieure est déterminée par l'humidité et la température de l'air extérieur, ainsi que par les sources et les drains intérieurs de vapeur d'eau. Les principales sources intérieures sont le métabolisme des personnes et des animaux et des activités comme le bain, la cuisson, et le lavage et le séchage des vêtements. La combustion produit également de faibles quantités de vapeur d'eau.

La teneur en humidité de l'air intérieur est limitée par la dilution avec de l'air extérieur plus sec, par la condensation sur les surfaces froides et par l'absorption ou l'adsorption de l'eau par les tissus qui se trouvent dans la maison. En hiver, les maisons chauffées à l'électricité ont vraisemblablement un taux d'humidité relative à l'intérieur supérieur à celui des maisons chauffées par des chaudières à combustion, étant donné que ces dernières ont tendance à augmenter l'infiltration d'air extérieur sec. Dans les maisons canadiennes, l'humidité relative varie de 21 à 68 p. 100.

De concert avec la température et le débit d'air, l'humidité relative influe sur le confort: une humidité relative de 20 à 60 p. 100 à des températures variant de 20 à 25°C est généralement jugée confortable. De longues périodes à un taux d'humidité relative faible assèchent la peau et les muqueuses, ce qui peut entraîner des gerçures et de l'irritation. Une forte humidité à des températures élevées entraîne une augmentation de la transpiration et une perte des électrolytes du sang; des expositions prolongées peuvent entraîner un coup de chaleur ou une insolation. Les groupes pour lesquels une humidité élevée représente un certain risque sont ceux qui souffrent de maladies cardio-vasculaires, les enfants nés deux ou trois semaines avant terme et les personnes âgées. On a remarqué que ceux qui souffrent d'arthrite présentent un plus grand nombre de symptômes lorsqu'une augmentation de l'humidité accompagne une baisse de la pression atmosphérique. Après l'exercice, les asthmatiques développent plus rapidement des symptômes de bronchoconstriction lorsqu'ils respirent de l'air à faible teneur en humidité.

Plusieurs espèces de bactéries et de virus survivent mieux à des taux d'humidité faibles ou élevés plutôt qu'à des taux intermédiaires. Des taux d'humidité supérieurs à 50 p. 100 sont censés augmenter les populations de moisissures, de champignons et d'acariens qui sont responsables d'allergies. Tout porte à croire que la teneur en humidité devrait être maintenue entre 40 et 50 p. 100 pour réduire l'incidence des infections des voies respiratoires supérieures et minimiser les effets néfastes sur les personnes qui souffrent d'asthme ou d'allergies. Une telle plage est cependant difficile à maintenir et l'exposition à des teneurs supérieures ou inférieures n'influe vraisemblablement pas sur la santé de la plupart des personnes.

## Partie B. Substances assujetties à des directives d'exposition – effets carcinogènes

Dans le cas de substances reconnues comme agents carcinogènes ou agents carcinogènes potentiels pour les humaines, il faudrait faire en sorte de réduire l'exposition à la plus basse teneur possible. On admet que pour atteindre cet objectif, il faut prendre en compte le coût et la possibilité d'application de mesures correctives et de modifications technologiques. On a donc jugé souhaitable de formuler des directives d'exposition, à la fois, en fonction d'une teneur qui peut être atteinte maintenant (teneur d'action) et d'une teneur qui peut être atteinte à plus long terme (teneur cible).

### 4.B.1 Formaldéhyde*

**Les directives d'exposition concernant le formaldéhyde dans l'air intérieur des maisons sont les suivantes:**

**TENEUR D'ACTION: 120 µg/m³ (0,10 ppm);**
**TENEUR CIBLE: 60 µg/m³ (0,05 ppm).**

Le formaldéhyde est un gaz incolore à odeur forte qui se combine facilement avec l'eau pour former un composé non volatil. Il a tendance à être absorbé par les surfaces et les textiles comme les tapis et les rideaux. Il s'établit un équilibre entre le formaldéhyde dans l'air et celui absorbé par les surfaces et dans les produits du bois comme les panneaux d'aggloméré.

Le formaldéhyde se forme naturellement dans l'environnement et les concentrations extérieures dans les régions isolées sont d'environ 7 µg/m³ (0,006 ppm). Dans les villes canadiennes, les teneurs à l'extérieur sont d'environ 10 µg/m³ (0,008 ppm). Les sources artificielles de formaldéhyde comprennent les sous-produits de la combustion et la décomposition de résines de formaldéhyde utilisées dans le bois, le papier, les textiles ou la mousse isolante d'urée-formaldéhyde (MIUF). Deux importantes études canadiennes ont signalé des teneurs moyennes en formaldéhyde de 14 et 42 µg/m³ (0,011 et 0,034 ppm) dans des maisons non isolées à la MIUF; des teneurs moyennes supérieures ont été décelées dans les maisons isolées à la MIUF (66 µg/m³; 0,054 ppm). Dans les maisons mobiles, qui en général contiennent une forte proportion de produits de bois pressé fait de résine d'urée-formaldéhyde, ces teneurs ont tendance à être plus élevées que celles dans les maisons isolées à la MIUF.

Le formaldéhyde est un intermédiaire vital dans le métabolisme normal des cellules. Il sert pour la synthèse des purines, des pyrimidines et de bien des acides aminés et lipides; de plus, c'est une molécule clé du métabolisme du carbone. Il est présent en faibles concentrations dans les liquides organiques et une exposition à des sources externes n'augmente pas sensiblement ces teneurs.

*Voir également section 4.A.1, «Aldéhydes».

Le formaldéhyde gazeux est un irritant sensoriel affectant principalement les voies nasales, la respiration et les yeux (Section 4.A.1). De plus, dans deux essais biologiques bien faits et une étude plus limitée, le formaldéhyde était carcinogène pour deux souches de rats, produisant une forte incidence de carcinomes des cellules du nez (38 à 50 p. 100) après l'administration d'environ 18 mg/m$^3$ (15 ppm). Le formaldéhyde est également génotozique d'après un certain nombre d'essais et il est faiblement mutagène dans des cellules humaines cultivées, ainsi que dans d'autres cellules de mammifères, de drosophiles, de champignons et de bactéries. Bien que les études épidémiologiques faites jusqu'à présent fournissent peu de données indiquant que le formaldéhyde est carcinogène pour les humains, cette possibilité ne peut être exclue en raison du manque de données.

En raison de la carcinogénécité possible du formaldéhyde, il serait prudent de réduire le plus possible les concentrations à l'intérieur. La teneur d'action de 120 µg/m$^3$ est la plus faible teneur considérée comme acceptable à l'heure actuelle. Toutefois, on recommande qu'à l'avenir, et lorsque des mesures correctives s'imposent, il faut s'évertuer à réduire les concentrations sous la teneur cible de 60 mg/m$^3$.

### 4.B.2 Radon

**Les directives d'exposition concernant le radon dans l'air intérieur des maisons sont les suivantes:**

**TENEUR D'ACTION: 800 Bq/m$^3$ comme concentration annuelle moyenne dans un lieu habitable *normal*.**

Le radon est un gaz rare naturel et un membre de la chaîne de désintégration de l'uranium-238. Le radon est un gaz chimiquement inerte qui se répand à partir du site de production local. Il se désintègre et sa période est de 3,82 jours par le biais d'une émission de particules alpha en une série de radionucléides de courte période appelée descendance radioactive du radon (produits de filiation) et éventuellement le radionucléide plomb-210 qui a une période relativement longue. Les produits de filiation du radon sont des particules chimiquement réactives qui se fixent presque immédiatement aux particules en aérosol dans l'atmosphère.

La concentration mondiale moyenne de radium dans le sol est de 25 Bq/kg; ce milieu constitue la principale source de radon dans l'atmosphère du globe. Les plages de concentrations extérieures sur le continent nord-américain sont de 0,7 à 35 Bq/m$^3$, avec une concentration moyenne de 7,0 Bq/m$^3$. Les sources de radon dans l'air des maisons comprennent le transport des gaz du sol dans les sous-sols, l'utilisation domestique d'eau de puits riche en radon, les matériaux de construction et l'alimentation en gaz naturel.

Les teneurs de radon dans l'air des résidences sont généralement supérieures aux teneurs extérieures et dépendent principalement de la force de la source et du débit d'aération. Plusieurs études sur le radon ont été faites dans les demeures canadiennes, et les résultats indiquent de grandes différences à travers le pays. Dans une étude de 14 000 demeures au Canada, entre 1977 et 1980, 0,1% des résidences avaient des teneurs en radon supérieures à 800 Bq/m$^3$. La moyenne géométrique des collectivités observées au cours de cette étude pancanadienne variait de 5,2 Bq/m$^3$ à 57 Bq/m$^3$.

L'inhalation du radon et de ses descendants radioactifs entraîne une exposition au rayonnement des tissus des bronches avec risque de cancer. Plus de 95% de la dose de rayonnement proviennent du dépôt et de la dégradation des descendants du radon. Le risque accru de cancer du poumon chez les mineurs d'uranium exposés au radon et à ses descendants radioactifs a été bien documenté dans de nombreuses études épidémiologiques. Une étude de la corrélation de la mortalité du cancer des poumons avec les concentrations des descendants radioactifs du radon dans l'air intérieur a été faite dans 18 villes canadiennes. Malgré la variation relativement importante des concentrations à l'intérieur des résidences de différentes villes, aucune association entre le radon et le taux de mortalité dû au cancer du poumon n'était apparente. Il se peut cependant que l'exposition au radon dans les demeures au Canada entraîne une très faible augmentation du risque des cancers du poumon mais celle-ci ne pourrait être décelée qu'à l'aide d'une méthode de détection des effets sur la santé beaucoup plus précise, comme une étude cas-témoins.

En raison de la carcinogénécité possible du radon, il serait prudent de réduire le plus possible les concentrations à l'intérieur. De plus, étant donné la variabilité saisonnière de la composition de l'air intérieur, une moyenne périodique annuelle est recommandée pour l'application de la directive d'exposition.

On recommande donc de prendre des mesures correctrices lorsque la teneur en radon dans une maison dépasse 800 Bq/m$^3$, soit la concentration annuelle moyenne dans un lieu habité normal. Étant donné qu'il y a un certain risque d'exposition au radon, les propriétaires de maisons doivent réduire autant que possible les teneurs en radon.

## Partie C. Substances faisant l'objet de recommandations pour la limitation de l'exposition

En étudiant la nécessité de directives pour les polluants énumérés dans cette partie, la documentation scientifique a été examinée de la même manière que les polluants énumérés dans les Parties A et B de la présente section. L'élaboration de directives quantitatives d'exposition a cependant été considérée comme non pertinente pour certaines raisons:

- dans certains groupes de substances, des composés particuliers peuvent avoir des propriétés toxicologiques très différentes; la complexité des mélanges a empêché d'établir une directive pour chaque constituant ou pour le groupe dans son ensemble;
- l'établissement de directives sur la qualité de l'air ne constitue probablement pas une stratégie appropriée pour limiter les expositions, principalement lorsque l'inhalation n'est pas la voie d'exposition la plus importante;
- l'existence de lacunes dans la base de données scientifiques.

Pour ces substances ou ces groupes de substances, l'information portant sur leurs effets néfastes pour la santé et leurs sources

possibles a été fournie et des recommandations qui doivent aider à éliminer ou réduire l'exposition ont été élaborées.

### 4.C.1 Agents biologiques

**Afin d'éviter bien des ennuis communs à l'intérieur des maisons dus aux agents biologiques, des mesures doivent être prises afin de s'assurer:**

- **qu'il n'y ait aucune humidité ni condensation excessive;**
- **que les surfaces soient exemptes de poussière;**
- **que les sources d'eau stagnante, comme les bassins d'humidificateur, soient toujours propres et désinfectées à l'occasion;**
- **qu'un degré élevé d'hygiène personnelle soit maintenu.**

Le milieu intérieur peut présenter des possibilités de maladies causées par une exposition aux agents biologiques. Ces derniers peuvent comprendre les micro-organismes provenant des personnes, des animaux ou des insectes à l'intérieur de la maison ou encore de proliférations sur les surfaces ou dans l'eau stagnante. La poussière provenant de l'extérieur et de l'intérieur des maisons comprend du pollen, des spores, des cellules, des débris de cellules et des insectes. De telles matières en suspension dans l'air peuvent causer des maladies infectieuses et des allergies chez les personnes vulnérables vivant dans ces maisons. Ces maladies doivent être étudiées de façon systématique afin d'en découvrir la cause et de trouver un moyen possible de lutter contre de telles expositions. La désinfection ou l'élimination physique des agents lorsque la chose est possible ou divers autres moyens de réduire les teneurs en matières particulaires et le degré excessif d'humidité en sont des exemples. Cependant, étant donné que le degré de sensibilité est différent d'une personne à l'autre, des mesures extraordinaires doivent être prises dans certains cas pour prévenir des symptômes.

Il y a une immense variété d'agents biologiques atmosphériques et il est impossible de prévoir leurs effets possibles sur des personnes vulnérables. La complexité du problème et le manque de données permettant de relier la fréquence de maladies à l'importance de la contamination signifient qu'il est impossible de recommander des limites dans le cas des agents biologiques en général.

### 4.C.2 Produits de consommation

**Il est recommandé que les expositions résultant de l'utilisation de produits de consommation soient maintenues à un minimum en assurant une aération adéquate et en observant toutes les mesures de précaution décrites sur l'étiquette du produit et sur tout document connexe d'information.**

**Les produits antiparasitaires ne doivent être utilisés qu'en cas de nécessité.**

### 4.C.2.1 Hydrocarbures chlorés

D'importantes quantités d'hydrocarbures chlorés sont produites et utilisées chaque année partout dans le monde. Ils sont présents à l'intérieur des maisons principalement sous forme de solvants, d'agents nettoyants et de propulsifs d'aérosols, et certaines personnes peuvent être exposées à des teneurs relativement élevées dans l'exercice de leur passe-temps préféré. Dans certains cas, des hydrocarbures chlorés peuvent être émis continuellement par des appareils électroménagers; on en a également décelés dans l'eau potable.

Les hydrocarbures chlorés sont absorbés dans le corps principalement par inhalation, mais également par la peau et les voies gastro-intestinales; ils ont tendance à s'accumuler dans les tissus adipeux (cerveau, moelle épinière et graisses). En général les patients récupèrent complètement des effets aigus de l'exposition à des hydrocarbures chlorés volatils, mais après des expositions répétées, les effets néfastes à la santé peuvent inclure des cas de dépression du système nerveux central ou des dommages permanents à ce système, une irritation des yeux et des poumons, ainsi que des lésions cutanées, hépatiques et rénales. Dans le cas du dichlorométhane, le métabolite est le monoxyde de carbone qui peut causer un stress cardio-vasculaire (voir Section 4.A.3).

Dans la maison, les expositions se font principalement par l'utilisation de produits de consommation et peuvent être de courte durée, mais les teneurs peuvent être suffisamment élevées pour produire des effets néfastes à la santé.

### 4.C.2.2 Produits antiparasitaires

Les produits antiparasitaires comprennent un très grand nombre de produits chimiques divers. Ils sont très utilisés à l'intérieur comme à l'extérieur des maisons, à la fois par les résidents et par des applicateurs professionnels. Ces produits sont utilisés pour lutter contre les insectes dans les maisons, pour prévenir les dommages causés par les insectes aux matériaux, pour traiter les plantes d'intérieur contre les insectes et les champignons, pour traiter les animaux domestiques et désinfecter l'air, l'eau et d'autres surfaces autour de la maison. Une exposition occasionnelle par inadvertance peut se produire étant donné que certains matériaux de construction ou appareils ménagers sont imprégnés d'agents de conservation à base de pesticides et libèrent par conséquent ces produits dans l'air intérieur. Les surfaces de la maison peuvent être imprégnées de pesticides après une utilisation normale, et les aliments préparés ou entreposés dans la pièce pendant ou après l'utilisation de pesticides peuvent également être contaminés. Des pesticides peuvent aussi s'infiltrer dans des maisons après une application à l'extérieur. En plus des ingrédients actifs, de nombreux produits antiparasitaires contiennent des ingrédients «non actifs» comme des solvants, des agents de mouillage et des stabilisants. Ces ingrédients peuvent avoir des tensions de vapeur beaucoup plus élevées que celles des ingrédients actifs, et présenter des teneurs dans l'air plus élevées, et quelques-uns d'entre eux ont également une activité biologique propre.

À la maison, l'exposition à des produits antiparasitaires peut se faire par inhalation et par absorption par la peau, à la suite de contact avec des surfaces traitées à l'aide de ces produits. Des pesticides peuvent aussi être ingérés par suite d'un mauvais usage du produit à proximité d'aliments.

Les données disponibles sur les teneurs d'exposition dans les maisons indiquent que les concentrations atmosphériques de la

plupart des pesticides sont très faibles lorsque ces produits sont utilisés de la façon recommandée. En ne suivant pas les instructions fournies, en utilisant une grande quantité de pesticides là où des aliments sont entreposés, préparés ou consommés, en utilisant des pesticides dans des espaces mal aérés, ou en appliquant mal des produits conçus pour utilisation à l'extérieur, on fait une mauvaise utilisation des pesticides; celle-ci est la plus importante cause d'exposition dans les maisons, et les teneurs peuvent être suffisamment élevées pour avoir des effets néfastes à la santé.

Les effets néfastes à la santé de l'exposition à de faibles teneurs à l'intérieur des maisons ont tendance à être non spécifiques, semblables à des maux causés par bien d'autres agents chimiques: des effets respiratoires, des cas de toux, brûlures aux yeux et au nez, de rhinite, de maux de tête, d'étourdissements, de fatigue et de malaises généraux. Deux principaux groupes de pesticides sont des agents inhibiteurs de la cholinestérase qui causent une augmentation de la sécrétion des glandes bronchiques, lacrymales, salivaires et autres, ainsi que la contraction des muscles lisses des bronchioles. Seuls quelques pesticides entraînent des réactions allergiques peu fréquentes. La plupart des pesticides utilisés actuellement au Canada se décomposent rapidement dans les tissus corporels. Aucun pesticide utilisé dans les maisons canadiennes ne s'est avéré carcinogène.

Les produits antiparasitaires sont soumis à une étude et à une réglementation sévères par plusieurs ministères fédéraux et provinciaux avant d'être mis sur le marché, ce qui permet de s'assurer que le consommateur ne reçoit que des produits qui, bien que potentiellement toxiques, sont sans danger lorsqu'ils sont utilisés de la façon prescrite et que l'utilisateur dispose des instructions et des mises en garde adéquates relatives à l'utilisation de ces produits. Au bout du compte, le consommateur est donc responsable de l'utilisation adéquate des pesticides à la maison.

### 4.C.2.3 Aérosols

Un aérosol peut être constitué de fines particules liquides ou solides en suspension dans l'air ou d'autres gaz; dans les présentes directives, on considère que les aérosols sont des produits de consommation vaporisés sous pression à partir de contenants jetables.

Un aérosol est constitué de trois principaux éléments: l'ingrédient ou les ingrédients actifs, le propulsif, et divers additifs utilisés pour améliorer le produit comme des plastifiants, des résines synthétiques, des agents tensioactifs et des émulsifiants. Certains produits consistent en un propulsif gazeux seulement et ne produisent donc pas d'aérosol après utilisation.

Les propulsifs d'aérosols actuellement utilisés au Canada comprennent des hydrocarbures comme le propane, le butane et l'isobutane, l'oxyde nitreux, le dichlorométhane (communément appelé chlorure de méthylène), le dioxyde de carbone, le diméthyléther et l'azote. L'oxyde nitreux peut également être utilisé comme propulsif pour les produits alimentaires.

Les aérosols sont formulés à partir d'une grande variété de produits chimiques dont certains ont, à concentration élevée, un potentiel toxique. Certains constituants peuvent faire l'objet d'un examen, et donc d'un contrôle, en vertu de lois fédérales comme la Loi sur les produits dangereux et la Loi sur les contaminants de l'environnement. Par exemple, avant 1980, des fluorochlorohydrocarbures étaient utilisés comme propulsifs dans la plupart des aérosols. Ils sont encore utilisés comme propulsifs d'aérosols dans de nombreux produits, y compris les aérosols pour cuisson, mais l'utilisation comme propulsif du trichlorofluorométhane et du dichlorodifluorométhane a été interdite en vertu de la Loi sur les contaminants de l'environnement comme propulsif dans les fixatifs pour cheveux, les désodorisants et les antisudorifiques.

L'utilisation d'aérosols dans les maisons est généralement de courte durée et intermittente, variant d'environ une ou deux fois par jour pour les désodorisants à quatre fois par année pour les nettoyeurs à fours.

### 4.C.3 Matières fibreuses

**Il faut prendre des précautions pour minimiser l'inhalation des fibres minérales et tout contact cutané avec ces dernières au cours de travaux à domicile de rénovation et de pose de matériaux de construction. On doit examiner périodiquement les matériaux et les produits contenant des fibres pour y déceler tout signe de détérioration. Il faut se renseigner avant d'enlever ou de détériorer des matériaux contenant peut-être de l'amiante.**

*L'asbeste* ou *amiante* est le terme générique de six silicates fibreux utilisés en raison de leur forte résistance à la rupture, de leur durabilité, de leur résistance à la chaleur et aux produits chimiques. Une grande partie de la production totale d'amiante est utilisée dans l'industrie de la construction sous forme de panneaux et de tuyaux d'amiante-ciment. Dans des conditions normales d'utilisation, ces matériaux de construction ne doivent pas laisser échapper de fibres. Ces dernières peuvent cependant se détacher de surfaces friables (par exemple lors de la pulvérisation d'isolant contenant de l'amiante ou lors de l'installation de blocs isolants de faible densité), ou d'autres matériaux de construction au cours de travaux de rénovation ou d'entretien. Les données existantes indiquent qu'en général, les teneurs en amiante à l'intérieur des maisons ne sont pas sensiblement plus élevées que celles de l'air ambiant. Cependant, on a mesuré des teneurs jusqu'à trois ordres de grandeur plus élevées au cours de travaux comme le ponçage du ciment à joints. En vertu de la Loi sur les produits dangereux, l'amiante est maintenant interdit dans la fabrication de la plupart des produits de consommation dont l'utilisation normale émet des poussières respirables.

Une exposition prolongée à des concentrations élevées de fibres d'amiante cause l'asbestose, le cancer du poumon, le mésothéliome et probablement le cancer du larynx ainsi que des tumeurs malignes du tube digestif. Les risques de développer un cas d'asbestose à la suite d'une exposition à des teneurs d'amiante dans l'air intérieur ou l'air ambiant sont probablement infimes. Il est difficile de quantifier les risques de cancer du poumon et de mésothéliome associés à une exposition à des teneurs intérieures (et extérieures) notamment à cause de problèmes inhérents à l'extrapolation des données provenant d'études épidémiologiques, mais surtout à cause de la complexité de l'amiante même

(c.-à-d. des variations des risques associés aux dimensions et aux propriétés différentes des fibres). Néanmoins, la possibilité de tels risques est minime.

*Les fibres minérales artificielles* (FMA) comprennent la fibre de verre, la laine minérale et les fibres céramiques. La fibre de verre compte pour environ 80 p. 100 de toutes les FMA produites et elle est principalement utilisée dans l'isolation thermique ou acoustique. Il existe peu de données sur les teneurs en fibres de verre dans les maisons; les teneurs moyennes mesurées au cours de l'installation d'un isolant à base de fibres de verre variaient de 0 à 8 fibres/mL. Les teneurs dans les maisons ne dépassent probablement pas de beaucoup les teneurs ambiantes, sauf au moment de travaux d'installation ou de modification. Les teneurs dans les édifices publics variaient de 0 à 0,008 fibre/mL.

Les fibres de verre causent une irritation passagère de la peau et des yeux des travailleurs exposés par leur travail. Des études à long terme n'ont permis de mettre en évidence que des corrélations équivoques sur des maladies respiratoires par suite d'une exposition aux fibres de verre; cependant, on a signalé un nombre excédentaire de décès par cancer du poumon, non associés de façon cohérente à la dose ni à la durée, chez des personnes travaillant avec la laine minérale 20 ans et plus après la première exposition. Les données disponibles indiquent que les fibres minérales artificielles sont moins pathogènes que l'amiante, probablement en raison de la répartition de leurs dimensions et de leur plus grande solubilité dans les poumons.

### 4.C.4 Le plomb

**Afin de minimiser l'exposition de la population (et particulièrement des enfants) au plomb atmosphérique, il est recommandé de nettoyer fréquemment les surfaces qui pourraient être contaminées, et qu'un niveau élevé de propreté globale soit maintenu.**

Le plomb atmosphérique existe sous forme de composés de plomb inorganique dans les particules de poussière. Plus de 90 p. 100 des émissions globales de plomb atmosphérique proviennent de sources anthropiques, principalement de la combustion de l'essence au plomb, puis de l'extraction minière et de la fusion de ce métal. Les concentrations atmosphériques de plomb dans les régions éloignées varient de 0,05 à 8 ng/m$^3$. Les concentrations dans les régions urbaines dépendent de la proximité des routes et des sources industrielles, ainsi que de facteurs comme l'intensité de la circulation routière, la vitesse du vent et l'altitude. Les concentrations annuelles (moyenne géométrique) de plomb mesurées au Canada ont diminué de façon régulière, passant de 0,74 µg/m$^3$ en 1973 à 0,27 µg/m$^3$ en 1982.

La principale source intérieure du plomb atmosphérique est l'air extérieur, et les concentrations à l'intérieur ont tendance à être plus faibles que les concentrations à l'extérieur.

La population est exposée au plomb atmosphérique directement par la respiration et indirectement par l'ingestion de plomb déposé sous forme de poussière. Chez les adultes, environ 10 p. 100 du plomb ingéré est absorbé. Chez les jeunes enfants, ce niveau peut atteindre 53 p. 100. La quantité de plomb absorbée par les poumons représenterait de 30 à 50 p. 100 de la quantité totale de plomb inhalé.

Une fois absorbé, le plomb est distribué par le sang dans les tissus mous et le squelette. La présence de plomb dans le sang indique une exposition récente au métal qui possède une demi-vie biologique d'environ 16 jours. La présence de plomb dans le squelette indique une accumulation à long terme du métal et sa demi-vie est de plusieurs décennies.

Le plomb peut produire de nombreux effets toxiques dans l'organisme. Les principaux symptômes de saturnisme sont des cas d'anémie, de crampes abdominales, de constipation, de lésions rénales et d'encéphalopathie. Les enfants sont plus sensibles que les adultes aux effets néfastes du plomb; ils peuvent être irritables et perdre l'appétit. Des difficultés d'apprentissage et une altération des réactions neurocomportementales peuvent survenir suite à une exposition à une faible teneur.

La mesure de l'exposition totale au plomb atmosphérique est incertaine en raison de l'exposition indirecte au plomb atmosphérique déposé sous forme de poussière. Il n'est donc pas possible d'obtenir une concentration acceptable de plomb atmosphérique pour l'environnement intérieur.

Bien que le plomb soit introduit dans le milieu domestique surtout sous forme de polluant atmosphérique, la principale voie d'exposition est l'ingestion de poussières déjà déposées. L'exposition au plomb peut être réduite dans une certaine mesure par un nettoyage fréquent des surfaces, y compris les zones de préparation des aliments.

### 4.C.5 Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

**Il faut veiller à minimiser l'exposition aux hydrocarbures aromatiques polycycliques à l'intérieur des maisons:**

- **en s'assurant que les appareils de combustion comme les poêles à bois et à charbon sont installés et entretenus de façon adéquate et fonctionnent dans des conditions d'aération satisfaisantes;**
- **en respectant les directives et les recommandations du présent document pour les matières particulaires et la fumée de tabac.**

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) constituent une importante classe de composés organiques dont la plupart sont des solides volatils très insolubles dans l'eau. Ils sont fréquemment adsorbés à la surface de matières particulaires et plus de 100 HAP ont été décelés dans des matières particulaires atmosphériques.

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques sont produits lors de la combustion de matériaux contenant du carbone et de l'hydrogène. La combustion du charbon et l'utilisation de moteurs à combustion interne sont considérées comme les principales sources de ce polluant, bien que l'on ait également déclaré que le chauffage au bois des résidences constitue la principale source de HAP aux États-Unis. Les teneurs extérieures mesurées varient de 0,1 à 60 ng/m$^3$ dans les régions urbaines et de 0,001 à 2 ng/m$^3$ dans les régions rurales. Les teneurs intérieures dépendent souvent des teneurs de l'air extérieur, mais la cuisson sur charbon de bois

(lorsqu'il y a carbonisation des aliments), le mauvais fonctionnement de poêles à bois et de foyers ouverts, ainsi que la fumée de tabac peuvent augmenter considérablement les expositions intérieures. Il y a peu de données quantitatives sur les teneurs en HAP atmosphérique dans les maisons et les limites des méthodes actuelles de prélèvement et de mesure des HAP signifient probablement que les données disponibles ne sont pas fiables.

L'exposition aux HAP est possible par contact cutané, inhalation et ingestion. Bien que l'on ait établi que l'ingestion des aliments compte pour la majorité des cas d'exposition au HAP, les expositions par la peau et par inhalation semblent être plus importantes si l'on considère les effets sur la santé. Dans certains cas particuliers, des concentrations élevées de HAP ont été observées dans l'air et des préoccupations concernant l'exposition aux HAP atmosphériques sont surtout du fait que ces composés peuvent causer le cancer du poumon.

Il y a une carence de données toxicologiques (et surtout de données d'inhalation) sur la plupart des HAP, et presque pas de données sur les mélanges de HAP. Les études épidémiologiques faites sur les humains sont limitées par le fait que les personnes sont généralement exposées à de faibles concentrations de mélanges de HAP, et souvent en présence d'autres polluants. Il est donc impossible d'identifier les effets d'un HAP donné et de quantifier de façon précise les risques pour la santé.

L'absence de données fiables sur lesquelles on pourrait baser les rapports dose-réponse et la difficulté de faire la distinction entre les effets des HAP dans l'environnement et les effets des autres polluants nous empêchent d'établir une directive pour l'exposition aux HAP dans l'air intérieur. Étant donné que certains HAP sont reconnus comme étant des agents carcinogènes, l'exposition à ces substances doit être minimisée.

### 4.C.6 La fumée de tabac

**Étant donné les propriétés carcinogènes du tabac, il est recommandé que toute exposition à la fumée de tabac soit évitée à l'intérieur.**

La fumée de tabac est un mélange complexe de substances, notamment le dioxyde de carbone, le monoxyde de carbone, des oxydes d'azote et un grand nombre de matières organiques gazeuses et solides. Plus de 50 de ces composants sont connus pour leurs effets néfastes pour la santé et 12 autres (notamment le chlorure de vinyle, le 2-naphtylamine, le benzo(a)-pyrène et le formaldéhyde) sont des agents carcinogènes reconnus ou présumés. De plus, dans le cas de constituants comme le dioxyde de carbone, du monoxyde de carbone, des oxydes d'azote' du formaldéhyde et des matières particulaires, des directives particulières relatives à la qualité de l'air ont été recommandées ailleurs dans ce document.

Les plus grandes quantités de la plupart des constituants se trouvent dans la fumée émise directement dans l'environnement, par l'extrémité en combustion de la cigarette. Les symptômes signalés par les non-fumeurs exposés à la fumée indirecte de cigarette comprennent notamment l'irritation des yeux, du nez et de la gorge, des maux de tête, la nausée, des étourdissements et une perte d'appétit. De plus, l'odeur persistante et la visibilité réduite causées par la fumée de tabac sont désagréables pour bien des gens.

Des risques accrus de cancer du poumon ont été observés chez des groupes de non-fumeurs exposés à la fumée indirecte de cigarette. Les autres effets présumés pour la santé des non-fumeurs, attribués à la fumée de cigarette, comprennent notamment l'aggravation de certains troubles comme l'asthme et l'angine de poitrine, des risques accrus d'avortement spontané, de malformations congénitales ou de syndrome de mort subite des nouveau-nés de mères qui fument, ainsi que de retard de développement des enfants dont la mère exposée à la fumée de cigarette pendant sa grossesse. Des risques accrus de troubles respiratoires ont été observés chez les enfants de parents fumeurs, et il a été prouvé que les conjointes non fumeuses de fumeurs couraient un risque accru de décès par cancer des sinus de la face et d'ischémie coronarienne.

Des évaluations ont indiqué que le risque de cancer du poumon causé par la fumée de tabac était significativement plus élevé chez les non-fumeurs exposés de façon répétée à la fumée de tabac que chez les non-fumeurs non exposés. Bien que ces calculs fassent appel à un grand nombre d'hypothèses qui entraînent des incertitudes quant à l'importance réelle du risque, on convient généralement qu'il y a toujours un risque, quel que soit le degré d'exposition à des substances carcinogènes.

# Glossaire

Adénocarcinome
tumeur maligne d'origine glandulaire

Aérosol
particules dispersées dans un gaz

Allergie
sensibilité inhabituelle à une substance particulière, comme un aliment, des irritants, etc.

ALTER
plage d'exposition acceptable à long terme

Alvéole
petite cavité (généralement dans les poumons où l'oxygène et le $CO_2$ sont échangés)

Amiantose
inflammation pulmonaire chronique causée par l'inhalation de fibres d'amiante

Anémie
diminution du nombre de globules rouges ou de leur hémoglobine

Angine de poitrine
douleur thoracique accompagnée d'une sensation de suffocation

Aromatique
composée dont les propriétés physiques et chimiques ressemblent à celles du benzène

ASTER
plage d'exposition acceptable à court terme

Asthme
troubles respiratoires (particulièrement allergiques), surtout accompagnés de spasmes rendant la respiration difficile

Becquerel
unité de radioactivité, équivalant à une désintégration atomique par seconde

Bronches
une des deux principales divisions de la trachée

Bronchiole
petite ramification des bronches

Carcinogène (agent)
substance produisant le cancer

Carcinogenèse
qui produit un cancer

Cardio-vasculaire
qui se rapporte au coeur et aux vaisseaux sanguins

Clairance mucociliaire
élimination des zones profondes du poumon de particules inhalées, par l'action de l'épithélium muqueux cilié des voies aériennes

Dermique
relatif à la peau

Dermatite
inflammation de la peau

Encéphalopathie
toute affection dégénérative du cerveau

Endogène
qui est produit ou qui se développe à l'intérieur de l'organisme

Épidémique
qui touche en même temps un grand nombre d'individus (répandu)

Épidémiologie
étude des épidémies

Exogène
qui est dû à des causes externes, qui provient de l'extérieur

Facteur de confusion
variable qui modifie l'importance apparente de l'effet sur le risque d'un facteur à l'étude

Génotoxique
toxique pour le génome (c.-à-d., ADN)

Hémoglobine
pigment transportant l'oxygène contenu dans les globules rouges du sang

Hydrocarbures
composés d'hydrogène et de carbone

Ischémie
réduction de l'approvisionnement en sang d'une partie du corps

Larynx
organe de la phonation à l'entrée du conduit (adj. laryngé,e) aérifère, à l'avant du cou

Mésothéliome
tumeur maligne constituée à partir du mésothélium

Morbidité
nombre des malades pendant une période déterminée

Morphologie
anatomie comparative

Mortalité
fréquence des décès pour une période donnée

Mucociliaire
concerne l'épithélium couvert de muqueuse ciliée des voies aériennes

Muqueuse
membrane muqueuse

Mutagène
agent entraînant des mutations

Mutation
changement génétique qui, lorsqu'il est transmis aux descendants, entraîne une variation dans des caractères héréditaires

Oxydant photochimique
tout composé chimique qui participe à une réaction d'oxydation en présence de lumière ou d'un autre type de rayonnement

Pathogène
agent causant la maladie

Pesticide
substance utilisée pour la lutte contre les parasites d'animaux et végétaux des cultures

Pulmonaire
relatif aux poumons

Rénal
qui se rapporte au rein

Rhinite
inflammation de la muqueuse des fosses nasales

Squameux
formé ou recouvert d'écailles

Substitut
produit qui en remplace un autre

Synergisme
effet combiné de drogues, de polluants, etc., qui excède la somme de leurs effets individuels

Tensioactif
agent Tensioactif qui diminue la tension superficielle

Tératogène
agent à l'origine de déformations chez le foetus en développement

Toxicologique
qui appartient à la toxicologie (étude de la nature et des effets des substances dangereuses)

Trachée
conduit aérifère inférieur

# Annexe A

## Résumé des directives d'exposition

| | Plages d'exposition acceptables | | |
|---|---|---|---|
| **Contaminant** | **ASTER** | **ALTER** | **Page** |
| Aldéhydes (totaux) | $\Sigma c_i/C'_i \leq 1$[a] | - | 10 |
| Dioxyde de carbone | - | ≤ 6300 mg/m³ (≤ 3500 ppm) | 10 |
| Monoxyde de carbone | ≤ 11 ppm – 8 h[b]<br>≤ 25 ppm – 1 h[b] | – | 11 |
| Formaldéhyde | [c] | [d] | 14 |
| Dioxyde d'azote | ≤ 480 µg/m³ (≤ 0,25 ppm) – 1 h | ≤ 100 µg/m³ (≤ 0,05 ppm) | 11 |
| Ozone | ≤ 240 µg/m³ (≤ 0,12 ppm) – 1 h | – | 12 |
| Matières particulaires(e) | ≤ 100 µg/m³ – 1 h | ≤ 40 µg/m³ | 12 |
| Dioxyde de soufre | ≤ 1000 µg/m³ (≤ 0,38 ppm) – 5 m | ≤ 50 µg/m³ (≤ 0,019 ppm) | 13 |
| Vapeur d'eau | 30-80% h.r. N été<br>30-55% h.r. N hiver[f] | – | 13 |
| Radon | - | [g] | 15 |

[a] $C'_i$ = 120 µg/m³ (formaldéhyde); 50 µg/m³ (acroléine); 9000 µg/m³ (acétaldéhyde), et $C_i$ sont les concentrations respectives mesurées pendant une période de 5 minutes.

[b] Unités exprimées en parties par million (ppm), ce qui permet d'établir des directives indépendantes de la pression ambiante.

[c] Voir aldéhydes (totaux).

[d] Voir page 14.

[e] ≤ 2,5 µm diamètre aérodynamique médian de la masse (DAMM).

[f] Sauf s'il y a limitation par la condensation sur les fenêtres.

[g] Voir page 15.

# Annexe B

## Résumé des recommandations en matière de contrôle des expositions

| Contaminant | Recommandation | Page |
|---|---|---|
| Agents biologiques | Afin d'éviter bien des problèmes communs à l'intérieur des maisons dus aux agents biologiques, des mesures doivent être prises afin de s'assurer:<br>– qu'il n'y ait aucune humidité ni condensation excessive;<br>– que les surfaces soient exemptes de poussière;<br>– que les sources d'eau stagnante, comme les bassins d'humidificateurs, soient toujours propres et désinfectées à l'occasion;<br>– qu'un degré élevé d'hygiène personnelle soit maintenu. | 16 |
| Produits de consommation (hydrocarbures chlorés, produits antiparasitaires, aérosols) | Il est recommandé de maintenir les expositions résultant de l'utilisation de produits de consommation à un minimum en assurant une aération adéquate et en observant toutes les mesures de précautions décrites sur l'étiquette du produit et dans les informations connexes. Les produits antiparasitaires ne doivent être utilisés qu'en cas de nécessité. | 16 |
| Matières fibreuses | Il faut prendre des précautions pour minimiser l'inhalation de fibres minérales et tout contact cutané avec ces dernières au cours des rénovations domiciliaires et de la mise en place de matériaux de construction. Les matériaux et les produits contenant des fibres doivent être examinés périodiquement pour y déceler tout signe de détérioration. Il faut se renseigner avant d'enlever ou de détériorer des matériaux contenant présumément de l'amiante. | 17 |
| Le plomb | Afin de minimiser l'exposition de la population (et particulièrement des enfants) au plomb atmosphérique, il est recommandé de nettoyer fréquemment les surfaces qui pourraient être contaminées, et qu'un niveau élevé de propreté globale soit maintenu. | 18 |
| Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) | On doit minimser l'exposition aux HAP à l'intérieur:<br>– en s'assurant que tous les systèmes de combustion, comme les appareils de polycycliques (HAP) chauffage au bois et au charbon, sont installés et entretenus de façon adéquate et fonctionnent dans des conditions d'aération satisfaisantes;<br>– en observant les directives et les recommandations du présent document relativement aux matières particulaires et à la fumée de tabac. | 18 |
| La fumée de tabac | Étant donné les propriétés carcinogènes de la fumée de tabac, il est recommandé que toute exposition à la fumée soit évitée à l'intérieur. | 19 |

# Annexe C

## Membres du Groupe de travail fédéral-provincial de la qualité de l'air intérieur

**Président et représentant**
Dr W.H. Wylie
Chief, Medical Division
Department of Health
Carleton Place
P.O. Box 6000
FREDERICTON (Nouveau-Brunswick)
E3B 5H1

**Secrétaire et représentant du ministère de la Santé nationale et du Bien-être social**
Dr V.C. Armstrong
Chef, Section des critères environnementaux
Bureau des dangers des produits chimiques
Direction de l'hygiène du milieu
Pré Tunney
OTTAWA (Ontario)
K1A 0L2

**Alberta**
M. E.A. Collom
Assistant Director
Environmental Health Services
Health Promotion and Protection Services
Alberta Social Services and Community Health
Seventh Street Plaza
10030 – 107 Street
EDMONTON (Alberta)
T5J 3E4

**Manitoba**
M. D.J. Bezak
Head, Air Standards and Studies
Environmental Management Services
Environmental Management Division
Environment and Workplace Safety and Health
Box 7, Building #2
139 Tuxedo Avenue
WINNIPEG (Manitoba)
R3C 0V8

**Terre-Neuve**
M. G.P. Wood
Occupational Hygienist
Occupational Health and Safety Division
Department of Labour and Manpower
Confederation Building
ST. JOHN'S (Terre-Neuve)
A1C 5T7

**Nouvelle-Écosse**
M. T.A. Mejzner
Director, Occupational Health
Community Health Services
Nova Scotia Department of Health
P.O. Box 488
HALIFAX (Nouvelle-Écosse)
B3J 2R8

**Ontario**
M. J.J. Smith
Supervisor, Chemical Agents Unit
Intergovernmental Relations and
Hazardous Contaminants Coordination Branch
Ontario Ministry of the Environment
135 St. Clair Avenue West, Suite 100
TORONTO (Ontario)
M4V 1P5

**Île-du-Prince-Édouard**
M. L.J. Gallant
Community Hygiene Health Officer
Division of Community Hygiene
Department of Health and Social Services
Sullivan Building, Fitzroy Street
P.O. Box 2000
CHARLOTTETOWN (Île-du-Prince-Édouard)
C1A 7N8

**Saskatchewan**
M. H.C. Wooley
Occupational Hygienist
Occupational Health and Safety Branch
Saskatchewan Labour
1870 Albert Street
RÉGINA (Saskatchewan)
S4P 3V7

# Annexe D

## Membres du Sous-comité fédéral-provincial de la surveillance radiologique

**National Health and Welfare**
Dr E.G. Létourneau (président)
Directeur, Bureau de la radioprotection
et des instruments médicaux
Santé et Bien-être social Canada
Suite 128, Immeuble B.R.P.
775, chemin Brookfield
OTTAWA (Ontario)
K1A 1C1

**Secrétariat**
M. A. Mattioli
Bureau de la radioprotection et des instruments médicaux
Santé et Bien-être social Canada
Suite 2, Immeuble B.R.P.
775, chemin Brookfield
OTTAWA (Ontario)
K1A 1C1

**Terre-Neuve**
M. Everett F. Price
Manager, Medical and Hygiene Services
Department of Labour
Confederation Building
ST. JOHN'S (Terre-Neuve)
A1C 5T7

**Île-du-Prince-Édouard**
Mme Gayle Murphy, A.C.R.
Radiology Manager
Department of Radiology
Queen Elizabeth Hospital
P.O. Box 6600
CHARLOTTETOWN (Île-du-Prince-Édouard)
C1A 8T5

**Nouvelle-Écosse**
M. Ted Dalgleish
Senior Radiation Health Officer
Department of Health and Fitness
P.O. Box 488
HALIFAX (Nouvelle-Écosse)
B3J 2R8

**Nouveau-Brunswick**
M. Keith L. Davies
Head, Radiation Protection Services
Department of Health and Community Services
4th Floor, Carleton Place
P.O. Box 5100
King Street
FREDERICTON (Nouveau-Brunswick)
E3B 5G8

**Québec**
Dr Jean-Marc Légaré
Service de radioprotection
Ministère de l'Environnement du Québec
5199 est, rue Sherbrooke, suite 3860
MONTRÉAL (Québec)
H1T 3X9

**Québec**
M. Richard Tremblay
Service de contrôle de la qualité
Ministère de la Santé et des Services sociaux
1075, chemin Ste-Foy, 10e étage
QUÉBEC (Québec)
G1S 2M1

**Ontario**
M. Joe Ritchie
Chief, X-Ray Inspection Services
Ontario Ministry of Health
7 Overlea Boulevard, 6th Floor
TORONTO (Ontario)
M4H 1A8

**Ontario**
M. John Tai-Pow
Chief, Radiation Protection Service
Ontario Ministry of Labour
81 Resources Road
WESTON (Ontario)
M9P 3T1

**Manitoba**
Dr Allan M. Sourkes
Head, Radiation Protection Section
Department of Medical Physics
Manitoba Cancer Treatment and Research Foundation
100 Olivia Street
WINNIPEG (Manitoba)
R3E OV9

**Saskatchewan**
Dr L. Denis Brown
Head of Radiation Safety Unit
Department of Human Resources, Labour and Employment
Saskatchewan Place
1870 Albert Street
REGINA (Saskatchewan)
S4P 3V7

**Alberta**
M. Patrick J. Barrett
Director, Medical X-Ray Program
Radiation Health Service
Alberta Occupational Health and Safety
4th Floor, Donsdale Place
10709 Jasper Avenue
EDMONTON (Alberta)
T5J 3N3

**Colombie-Britannique**
M. Brian Phillips
Director, Radiation Protection Service
B.C. Ministry of Health
307 West Broadway, Suite 200
VANCOUVER (Colombie-Britannique)
V5Y 1P9